Aus dem Institut für Lufthygiene und Silikoseforschung

an der Universität Düsseldorf

Direktor: Professor: Dr. med. H.-W. Schlipköter

DIE ABTÖTUNG VEGETATIVER KEIME DURCH BEWEGTE HEISSLUFT UND IHRE HEUTIGE BEDEUTUNG

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Margret Schäfers

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544318_0015

Aus dem Institut für Lufthygiene und Silikoseforschung

an der Universität Düsseldorf

Direktor: Professor: Dr. med. H.-W. Schlipköter

DIE ABTÖTUNG VEGETATIVER KEIME DURCH BEWEGTE HEISSLUFT UND IHRE HEUTIGE BEDEUTUNG

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Margret Schäfers

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent
gez.: Prof. Dr. Grün

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Engelhardt

Druck und Einband: Rudolf Stehle GmbH & Co KG - Düsseldorf

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

A Einleitung
1. Definition des Begriffes "Desinfektion"
2. Historischer Überblick über Anwendung und Bedeutung der Heißluftdesinfektion
3. Zielsetzung der Arbeit

B Eigene Untersuchungen
1. Allgemeine Gesichtspunkte
2. Der Desinfektionsapparat
3. Das Untersuchungsmaterial
4. Die Keimträger
5. Methode
   a. Versuchsreihe I
      aa. Verfahren
      ab. Ergebnis
   b. Versuchsreihe II

C Ergebnisse
1. Die Keimzahl
2. Enterokokken
3. Staphylokokken
4. Klebsiellen
5. Enterobacter cloacae
6. E.coli
7. Ps. pyocyanea

D Auswertung der Ergebnisse
1. Resistenzerhöhung der im Blut angetrockneten Bakterien
2. Unterschiedliche Thermoresistenz der Keime
3. Die Enterokokken als der thermoresistenteste Keim
4. Notwendigkeit einer bestimmten Mindesttemperatur und Mindesteinwirkzeit zwecks einwandfreier Desinfektion
5. Ergebnisse anderer Autoren
6. Diskussion

E Zusammenfassung

F Literaturverzeichnis

DIE ABTÖTUNG VEGETATIVER KEIME DURCH BEWEGTE HEISSLUFT UND IHRE HEUTIGE BEDEUTUNG

A Einleitung

1. Definition des Begriffes "Desinfektion"

Durchforscht man die Literatur nach einer geeigneten Definition des Begriffes "Desinfektion", so findet man viele Versionen zur Auswahl. Im DAB 6 lautete die Definition: "Desinfizieren heißt, einen Gegenstand in den Zustand zu versetzen, daß er nicht mehr infizieren kann." Im neuen DAB 7 der Bundesrepublik ist der Begriff "Desinfektion" nicht mehr erläutert, wohl, weil die bisherige Regelung eine - auch für die Allgemeinheit - gut verständliche Erklärung gab. 1972 definierten WEUFFEN und Mitarbeiter etwas ausführlicher: "Desinfizieren heißt, lebloses oder lebendes Material mit germiziden Mitteln oder Verfahren in den Zustand zu versetzen, daß alle Krankheitserreger mit Ausnahme von Bakteriensporen mit Sicherheit abgetötet werden." REBER lieferte 1973 folgenden Definitionsvorschlag: "Desinfektion ist gezielte Entkeimung mit dem Zweck, die Übertragung bestimmter unerwünschter Mikroorganismen durch Eingriffe in deren Struktur oder Stoffwechsel unabhängig von ihrem Funktionszustand zu verhindern."
Man könnte noch zahlreiche ähnliche Fassungen anderer Autoren anführen, von denen keine unangefochten ist und als optimal gilt, denn selbst bis zum heutigen Tage hat man sich noch nicht auf eine allgemeingültige Definition einigen können. Wie dem auch sei, fest steht, daß unter dem Begriff "Desinfektion" die Abtötung aller Krankheitserreger (GRÜN) zu verstehen ist. Weiterhin bedarf es keiner Diskussion, daß nicht nur die Entkeimung selbst - von in-

fektiösem Material beispielsweise - durch Desinfektionsmaßnahmen erzielt werden soll, sondern daß auch in wachsendem Maße Vorsorgemaßnahmen zu den Zielen und Aufgaben der modernen Desinfektion gehören, d.h. die Verhinderung des Aufkommens von Gefahren, die durch Krankheitserreger drohen.
Grundsätzlich unterscheidet man drei verschiedene Desinfektionsverfahren:

1. physikalische (Abtöten der Krankheitserreger durch Hitze)
   a. Verbrennung
   b. Siedendes Wasser
   c. Strömender Dampf
   d. Gespannter Dampf
   e. Trockene Hitze
2. chemische (Abtöten der Krankheitserreger durch chemische Mittel)
3. physikalische, kombiniert mit chemischen

2. Historischer Überblick über Anwendung und Bedeutung der Heißluftdesinfektion

Das Prinzip der Anwendung der Heißluft für keimtötende Zwecke stammt aus der vorbakteriologischen Zeit, als man von dem Begriff der "Desinfektion" noch gar nichts wußte. Schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts versuchte man in empirischer Weise, heiße Luft in Brenn- und Räucherkammern gegen Seuchen zu verwenden. Das Wort "Desinfektion" wurde erst im Jahre 1831 nach dem Einbruch der Cholera in Westeuropa bekannt. Aus dieser Zeit stammen auch die ersten Mitteilungen über die systematische Anwendung trockener Hitze zu Desinfektionszwecken: in England wurden Kammern eingerichtet, in denen Kleidungsstücke von Cholerakranken der Einwirkung trockener Hitze bis zu 100°C unterworfen wurden. Später, um 1860 herum, wurden ähnliche Kammern vor Waschanstalten und Leichenhallen installiert. Für bakteriologische Zwecke wurden Brennkammern von Pasteur seit etwa 1870 angewendet, und zwar konnten Temperaturen

von ca. 150° C erreicht werden. 1871 verbesserte ESSE die Technik der Heißluftdesinfektion durch die Konstruktion doppelwandiger Eisenzylinder, deren Mantelraum mit Dampf beheizt wurde. Seit der Mitte der 80er Jahre empfahl in Frankreich TERRILON (1893) trockene Heißluft für die chirurgische Instrumentendesinfektion. Bald danach gehörte der Heißluftsterilisator dann zum Inventar jeder Klinik. In Deutschland befaßte sich zu dieser Zeit R. KOCH mit der Desinfektion von künstlich infizierten Objekten in trocken geheizten geräumigen Desinfektionsapparaten. Als Schlußergebnis der epochemachenden und eine neue Desinfektionslehre einleitenden Arbeiten R. KOCHs und seiner Mitarbeiter WOLFHÜGEL, GAFFKY und LÖFFLER steht, "daß die umfassenden Versuche, welche über die praktische Verwertbarkeit heißer Luft zu Desinfektionszwecken angestellt waren,... zu wenig befriedigenden Ergebnissen geführt haben. Es hatte sich zunächst die zur Abtötung sämtlicher niederer Organismen erforderliche Temperatur als eine so hohe (140° C) herausgestellt, daß durch Einwirkung derselben die Gegenstände selbst Schaden erlitten. Sodann war die Zeit, während welcher die Gegenstände der erhitzten Luft ausgesetzt sein mußten, um des Erfolges sicher zu sein, eine relativ lange (über 3 Stunden). Vor allem aber hatte sich endlich ergeben, daß das Eindringen der Hitze durch selbst nur dünne Schichten eines schlechten Wärmeleiters außerordentlich langsam vor sich geht. Aus diesen Gründen ist die Desinfektion mit heißer Luft nur für wenige Objekte verwendbar." Infolgedessen propagierte KOCH nachdrücklich die Dampfdesinfektion, mit der er weitaus bessere Resultate erzielen konnte. Hierdurch wird auch die Tatsache verständlich, daß in der Folgezeit, und zwar in den nächsten 20 Jahren, exakte Versuche über das Absterben der an Objekten angetrockneten Bakterien unter der Einwirkung höherer Temperaturen nicht in dem Umfang vorgenommen wurden, wie dies bei den übrigen desinfizierenden Maßnahmen inzwischen erfolgt war. Aber schon 1881 stellten KOCH, GAFFKY und LÖFFLER bei ihren Versuchen fest, daß Pelz, Leder und andere Gegenstände durch die Dampfdesinfektion geschädigt wurden.

1902 griff SCHUMBURG diesen Gedanken wieder auf: Er bemerkte, daß die Dampfdesinfektion den Farben und dem Glanz von Stoffen ganz erheblich schadete und daß Leder mit diesem Verfahren gar nicht desinfiziert werden konnte. Von ihm stammt die Idee, das Prinzip der bewegten Luft für die Desinfektion nutzbar zu machen, denn er stellte in seinen Versuchen fest, daß die künstliche Bewegung der Luft ein besseres Eindringen in die Objekte gewährleistete. Übereinstimmend mit KOCH erklärte er die trockene heiße Luft als untauglich für die Desinfektion und empfahl, die Luftfeuchtigkeit, die er für den entscheidenden Faktor bei der Heißluftdesinfektion hielt, auf 55-65% einzustellen. Die Desinfektionswirkung der Heißluft blieb aber trotz dieser beiden Vorschläge SCHUMBURGs weiterhin hinter der des Wasserdampfes zurück. Deshalb beschränkte sich ihr Anwendungsbereich in den nächsten Jahren auf die sachschonende Desinfektion. Unter diesem Gesichtspunkt empfahl KONRICH 1912 für die Desinfektion von Büchern, Lederwaren, Uniformen etc. sehr lange Einwirkungszeiten bei 80-90°C im sog. Trockenschrank. Wegen der Schwierigkeit einer zuverlässigen Kontrolle der relativen Luftfeuchtigkeit im Desinfektionsapparat verzichtete KONRICH allerdings auf die Einhaltung der von SCHUMBURG angegebenen 55-65% Feuchtigkeit und erlangte trotzdem eine sichere Desinfektion.

RAUTMANN beschrieb 1916 den von VONDRAN gebauten und nach ihm benannten VONDRAN-Apparat: Die stark bewegte keimtötende Heißluft (es ergab sich eine Geschwindigkeit des Luftstromes von 2,8m/ sec.) befindet sich in einem Kreislauf und wird in die Objekte "gepreßt". Es werden Temperaturen von maximal 158°C (die Temperaturen schwanken von 130-160°C) erreicht, die RAUTMANNs Versuchen zufolge ausreichten, alle Keime sicher abzutöten, ohne daß die Objekte (Watte, Kleider, Lederwaren) irgendwie geschädigt wurden. Aufgrund seiner positiven Ergebnisse mit dem VONDRAN-Gerät empfahl RAUTMANN den Apparat nicht nur - wie bisher - zur Entlausung, sondern sogar für Desinfektionen.Er wies aber ausdrücklich auf die Bedeutung der

künstlichen Bewegung der Heißluft hin; "eine Verwendung ruhender Luft zur Desinfektion umfangreicher Objekte" war seinen Versuchen zufolge "ausgeschlossen".
Im Gegensatz zu RAUTMANN lehnte LANGE die Benutzung des VONDRAN-Apparates für Desinfektionszwecke ganz entschieden ab. Er konnte nur eine Geschwindigkeit von 1,3 bis 1,8 m/sec. der in den Desinfektionsraum getriebenen Heißluft messen (RAUTMANN dagegen: 2,8 m/sec.). Vielleicht aufgrund dieser von RAUTMANN abweichenden Angabe war er der Ansicht, daß bewegte trockene Heißluft bei freiliegenden Bakterien zu keiner Verkürzung der Abtötungsdauer führte. Lediglich die Eindringungszeit in grobporige Objekte werde verkürzt. Weiterhin stellte er bei der von RAUTMANN vorgeschlagenen Betriebstemperatur von 13o-16o° C (maximal: 158° C) eine massive Schädigung der Objekte fest; er wies darauf hin, "daß 11o°C für die Praxis das äußerste, noch allenfalls zulässige Maximum der Erhitzung darstellen."
Auch BÄRTHLEIN überprüfte 1916 den VONDRAN-Apparat hinsichtlich seiner Brauchbarkeit für Desinfektionszwecke. Er nahm als unterste Grenze für eine in der Praxis verwertbare Desinfektionstemperatur 9o-loo°C an. Den Vorteil des VONDRAN-Apparates sah er darin, daß "bei loo°C heißer, strömender Luft im Gegensatz zum Dampf Schädigungen von Stoffen, Pelz- und Ledersachen nicht oder wenigstens nicht in erheblichem Maße zu befürchten sind."
SCHMITT zog 192o aus den Forschungen der Jahre 1914-1919 über die Heißluftdesinfektion das Facit, daß eine schonende Desinfektion empfindlicher Gegenstände praktisch noch nicht möglich sei: "Zur Keimtötung bei loo°C und darunter gehört eben ein gewisser Feuchtigkeitsgrad, um das Eiweiß der Bakterien zur Gerinnung zu bringen. Dabei werden dann aber empfindliche Gegenstände wie Lederwaren und dgl. beschädigt. Soll die heiße Luft allein abtötend wirken, also durch Oxydation oder Austrocknung, so sind sehr hohe Hitzegrade (140°C) oder lange Zeiten (3 Stunden) erforderlich, wodurch wieder eine Beschädigung des Desinfektionsgutes eintritt."
1935 führten BREINL und HOFMANN systematische Untersuchungen durch über die keimtötende Kraft bewegter Heißluft bei

verschiedenen Strömungsbedingungen. Sie kamen zu folgendem Ergebnis: Eine Luftbewegung von 5o m/min. hat eine Verlängerung der Entkeimungszeit gegenüber ruhender Luft zur Folge. Bei Erhöhung der Windgeschwindigkeit bis etwa 3oo m/min. sinkt die Entkeimungszeit beträchtlich, bei weiterer Steigerung auf 6oo m/min. nur noch wenig. Der Unterschied der Entkeimungszeit in ruhender und bewegter Luft nimmt mit steigender Temperatur ab, die größte Ersparnis an Entkeimungszeit ergibt sich bei Temperaturen von loo bis 12o°C und Windgeschwindigkeiten von 3oo m/min. und darüber. Die schon 19o2 von SCHUMBURG entwickelte Vorstellung, daß bewegte trockene Heißluft einen besseren Desinfektionswert besitze als ruhende trockene Hitze, ist also erst 1935 endgültig positiv bestätigt worden.

1938 beschäftigte sich KONRICH erneut intensiv mit der Frage der Bedeutung der Heißluftdesinfektion. Er machte darauf aufmerksam, daß es auf dem Gebiet der Desinfektion mittels trockener Hitze an wissenschaftlich begründeten Kenntnissen fehle. Die wenigen bisher vorliegenden, stark differierenden Angaben über Temperatur und Dauer der Einwirkzeit der Heißluft, die einen zuverlässigen Erfolg der Desinfektion garantieren sollen, seien gar nicht miteinander vergleichbar, und zwar aufgrund folgender Tatsachen:

1. Die verschiedenen Autoren haben bisher kein Resistenzmaß zugrunde gelegt, das von der keimtötenden Kraft der Heißluft zu überwinden war (die "Höchstresistenz"). Bei den Versuchen wurden ganz unterschiedliche Testbakterien verwendet.
2. Es wurde nie ein und derselbe Apparat im Hinblick auf seine Desinfektionskraft untersucht, sondern zahlreiche Größen und Bauweisen von Apparaten waren im Gebrauch, deren Leistung außerordentlich differierte.
3. In den Untersuchungen wurde teils bewegte, teils ruhende Heißluft angewandt, was natürlich, KONRICH schließt sich den neuesten Untersuchungen von BREINL und HOFMANN (1935) an, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen mußte.
4. Die Ergebnisse einiger Autoren basierten nur auf theo-

retischen Versuchen, einige arbeiteten dagegen mit Apparaten der Praxis.

5. Bei Heißluftapparaten weichen die Angaben des Thermometers sehr erheblich von der tatsächlichen Temperatur im Inneren der Heißluftkammern ab.
6. Ältere, gasbeheizte Apparate haben oft besonders ungleichmäßige Temperaturen, während die neueren, elektrisch beheizten Apparate weit besser arbeiten.

Um diese störenden Faktoren in Zukunft eliminieren zu können, legte KONRICH für seine Versuche folgende Richtlinien fest:

1. Für die Heißluftdesinfektion wird die Überwindung der Keime der Resistenzstufe I verlangt. KONRICH nahm 1938 als erster eine Einteilung der Mikroorganismen in drei Gruppen vor. Als Testkeim benutzte er den Staphylococcus aureus.
2. Ein elektrischer VONDRAN-Apparat wird für die Versuche benutzt mit folgenden Abmessungen: Länge:245 cm, Breite:17o cm, Höhe:1o7 cm, d.h. es wurde ein relativ kleiner Apparat von 4,4 cbm den größeren Geräten vorgezogen. KONRICH weist nämlich sehr treffend darauf hin, daß die Temperatur im Inneren des Apparates umso ungleichmäßiger ist, je größer das Gerät ausfällt.
3. Zum Zwecke einer rascheren Erwärmung des Desinfektionsgutes und der Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur ist die "kräftige Luftbewegung" unentbehrlich.
4. Theoretische Versuche genügen keineswegs, vielmehr müssen zahlreiche praktische Versuche durchgeführt werden.
5. Notwendig ist die exakte Messung der Temperatur im Inneren des Gerätes an vielen Stellen im Desinfektionsgut.

Unter Berücksichtigung dieser Voraussetzungen für seine Versuche kam KONRICH zu folgender Beurteilung der Heißluftdesinfektion und des VONDRAN-Apparates: Mit Hilfe des Gerätes, dessen Temperaturoptimum bei 11o°C liegt- hierin stimmt KONRICH also vollkommen mit LANGE überein - läßt sich eine einwandfreie Desinfektion durchführen. Damit

gibt er RAUTMANN recht. Einen ganz gewaltigen Vorteil gegenüber der Dampfdesinfektion sah KONRICH darin, daß das Desinfektionsgut trocken und geruchlos (getragene Kleidung z.B.) aus dem Gerät kommt. Wolldecken, Kleidung, Bücher und Leder seien nach der Desinfektion nicht "unbrauchbar". Der einzige Nachteil ist nach KONRICH die - verglichen mit der Dampfdesinfektion - längere Betriebsdauer.
KONRICHs Versuche trugen ohne Zweifel dazu bei, die Heißluftdesinfektion wieder in ein besseres Licht zu rücken. Doch stellten CLAUBERG und PFLAUM 1942 die Effektivität der Desinfektion in bewegter Heißluft erneut in Frage. Die von einigen Seiten erhobene Forderung, die Heißluftdesinfektion wegen ihrer unbestrittenen Vorzüge generell an die Stelle der Dampfdesinfektion treten zu lassen, wiesen sie energisch zurück mit Hinweis auf ihre "praxisbezogenen" Versuche, die unter etwas anderen Bedingungen abliefen als bei KONRICH: Sie versuchten, Bakterien in ihrem natürlichen Milieu, Stuhl und Eiter, z.T. eingetrocknet auf Matratzen, mit dem Heißluftverfahren abzutöten und hatten keinen Erfolg. Infolgedessen warnten sie nachdrücklich vor der Heißluftdesinfektion als alleinige Methode der Entkeimung und entwickelten stattdessen das nach ihnen benannte TCP-Verfahren, ein Kombinationsverfahren, das die schonende Wirkung der Heißluft mit der hohen entkeimenden Kraft des Wasserdampfes vereinigte.
21 Jahre später, 1963, äußerten sich KONRICH und STUTZ dann auch weit zurückhaltender und weniger optimistisch über den VONDRAN-Apparat und die Heißluftdesinfektion. In Übereinstimmung mit CLAUBERG und PFLAUM hielt KONRICH nun die Anwendung der Heißluft zur Desinfektion von Keimen, die in Stuhl oder Eiter eingeschlossen sind, für nicht zulässig, weil die Keime infolge ihrer schützenden Hülle nicht abtötbar seien durch dieses Verfahren. KONRICH und STUTZ zufolge "hat aber auch die Heißluft bei der Keimtötung in beachtlichem Umfang einen wissenschaftlich wohlbegründeten Anwendungsbereich gefunden": Der praktische Arzt z.B. komme mit einem kleinen Heißluftapparat,

der keine Luftumwälzung benötigt, gut zum Ziel. Weiterhin wird die Heißluftdesinfektion für Wolldecken empfohlen, weil diese nur durch dieses Verfahren geschont würden und "unappetitliche Gerüche verlieren ".
STUTZ schließlich zeigt 5 Jahre später auf, daß der Heißluftdesinfektion keine große Bedeutung mehr zukommt."Das VONDRAN-Prinzip hat heute nur noch historische Bedeutung. Reine Heißluftverfahren sind in der Liste BGA nicht mehr aufgeführt."
Auch SCHMIDT, NAUMANN und HORSCH geben 1968 an: "Durch die Entwicklung der Formaldehyd-Dampf-Desinfektion hat allerdings heute die Heißluftdesinfektion an Bedeutung verloren." Der Einsatzbereich der Heißluftdesinfektion beschränke sich auf Gegenstände, die andere Desinfektionsverfahren nicht vertragen: Bücher, Zeitschriften, Akten und andere Papiere. Auch Pelze und Lederwaren seien mit Heißluft schonend desinfizierbar, hier könnten jedoch auch andere Verfahren, nämlich physikalisch-chemische (Formaldehyd-Vakuum-Dampfdesinfektion, die Desinfektion mit Formaldehyd-Wasserdampf, TCP-Verfahren oder Äthylenoxiddesinfektion) zur Anwendung kommen.
HUDEMANN und WEUFFEN dagegen lehnen 1973 das Heißluftverfahren ganz entschieden als veraltet ab aus folgenden drei Gründen:

1. Bei gefährlichen Erkrankungen (Pocken, Pest, Fleckfieber, Cholera, Tuberkulose, Milzbrand) liefert das Heißluftdesinfektionsverfahren eine nicht genügend sichere Desinfektion.
2. Leder, Gummi, Plasterzeugnisse, Wachstuch, Textilien aus Kunstfasern, Pelze, Seide und selbst Bücher werden durch die hohen Temperaturen beschädigt und unbrauchbar.
3. In Matratzen und anderen dichten Materialien können sich Kaltluftinseln bilden, in denen die Keime nicht von der Heißluft erreicht werden.

Schließlich erklären HORN, PRIVORA und WEUFFEN 1974, daß sich das Heißluftverfahren zur Desinfektion von Wolldecken nicht durchzusetzen vermochte wegen der Thermolabilität der Decken. Empfindliche Matratzen würden ebenfalls geschä-

digt durch die hohen Temperaturen.

3. Zielsetzung der Arbeit

Man kann aus der Literatur der letzten Jahre entnehmen, daß die Heißluftdesinfektion ihre ursprüngliche Bedeutung, die ihr noch 1963 von KONRICH ganz deutlich zuerkannt worden ist, in den letzten 14 Jahren vollkommen verloren hat. Auffällig ist bei genauer Betrachtung der Literaturstellen, daß in diesen letzten 14 Jahren, eigentlich schon seit KONRICH 1938, denn 1963 zitiert KONRICH nur seine eigenen Angaben von 1938, keine oder kaum erneute systematische Versuche unter exakter Beschreibung der Versuchsbedingungen, die KONRICH 1938 gefordert hatte, über die Heißluftdesinfektion durchgeführt wurden. Auch über den Anwendungsbereich, der der Heißluftdesinfektion heutzutage gegebenenfalls noch einzuräumen ist, gehen die Meinungen der einzelnen Autoren ja stark auseinander: SCHMIDT, NAUMANN und HORSCH geben der Heißluftdesinfektion noch einen Platz auf dem Gebiet der Bücher-, Pelz-, Lederwarendesinfektion, KONRICH erklärt das Verfahren als speziell geeignet für die Wolldeckendesinfektion, während HUDEMANN, WEUFFEN, HORN und PRIVORA es als gänzlich ungeeignet bezeichnen. Im folgenden experimentellen Teil meiner Arbeit habe ich deshalb versucht, unter Zugrundelegung der Anregungen KONRICHs von 1938, zu exakten Ergebnissen über den heutigen Desinfektionswert bewegter Heißluft zu kommen und so die Grenzen der Anwendung dieses Verfahrens für Desinfektionsmaßnahmen erneut abzustecken.

B Eigene Untersuchungen

1. Allgemeine Gesichtspunkte

Nach einem Vorschlag KONRICHs teilt man die Mikroorganismen hinsichtlich ihrer Thermoresistenz in drei Stufen ein:

I: alle vegetativen Keime einschließlich der Wuchsformen der Sporenbildner

II: Sporenbildner mit geringer Resistenz, z.B. Milzbrandsporen und Kultursporen des Bazillus subtilis (Hoffmannsporen)

III: hochresistente Sporen, einschließlich der apathogenen

Das Kriterium für die Wirksamkeit der physikalischen Desinfektionsverfahren ist nach BORNEFF die Abtötung von Milzbrandsporen (Resistenzstufe II), wogegen bei dem Einsatz von Chemikalien meist nur auf die vegetativen Mikroorganismen (Resistenzstufe I) Rücksicht genommen werde. HUDEMANN und WEUFFEN geben dagegen für die Praxis der Desinfektion nach der Widerstandsfähigkeit der Krankheitserreger oder ihrer Gefährlichkeit vier Desinfektionsstufen an:

Desinfektionsstufe A: für Krankheitserreger, die verhältnismäßig leicht durch Desinfektionsmaßnahmen abgetötet werden können, z.B. die meisten Protozoen, sog. vegetative, d.h. nicht sporenbildende Mikroorganismen (außer Staphylokokken), Mykoplasmen und Rickettsien

Desinfektionsstufe B: für besonders widerstandsfähige vegetative Erreger, z.B. Tuberkuloseerreger, Staphylokokken, Pilze und Viren

Desinfektionsstufe C: für Erreger gefährlicher Infektionskrankheiten, bei denen aus Sicherheitsgründen die Einwirkungszeiten, im Vergleich zur Desinfektionsstufe A, verdoppelt werden müssen, wie bei Pocken, Pest, Cholera, Fleck- und Rückfallfieber

Desinfektionsstufe D: für Milzbrandsporen (Resistenzstufe II)

Nach HUDEMANN und WEUFFEN sind normale Desinfektionsmaßnahmen auf die Abtötung der Keime der Resistenzstufe I beschränkt, d.h. es werden die Desinfektionsstufen A bis C erfaßt. Für eine Desinfektion bei Milzbrand (Resistenz-

stufe II) bedarf es diesen beiden Autoren zufolge besonderer Desinfektionsverfahren. Unter seuchenhygienischem Gesichtspunkt bestehen keine Bedenken, da Milzbrandepidemien unter Menschen nicht vorkommen (STUTZ).
So habe ich mich im experimentellen Teil meiner Arbeit darauf beschränkt, die Wirksamkeit des physikalischen Desinfektionsverfahrens der bewegten Heißluft zu messen an der Vernichtung sechs vegetativer Keime der Resistenzstufe I.
Das wirksame Prinzip der Heißluftdesinfektion besteht:

1. in der Austrocknung der Mikroorganismen
2. in der Gerinnung des Eiweißes (RAUTMANN)

Die Widerstände, die die Desinfektion mittels trockener Hitze überwinden muß, um die mikrobiellen Keime unschädlich zu machen, sind vielfältiger Natur; sie können m.E. summarisch auf zwei Generalfaktoren zurückgeführt werden:

1. Die Resistenz der jeweiligen Bakterienart als solche, die ihrerseits beeinflußt wird durch:
   a. das Alter der Kulturen
   b. den Nährboden, auf oder in dem die Keime gewachsen sind
   c. den Trocknungsgrad (angetrocknete Bakterien sind resistenter als feuchte Keime)
2. Die Wirkungsbedingungen

Zu den Wirkungsbedingungen sind wohl an erster Stelle zu rechnen die Temperatur und die Einwirkzeit. Je höher man die Temperatur wählt, umso niedriger braucht die Einwirkzeit zu sein und umgekehrt. Ferner ist von Wichtigkeit das Milieu, in dem man die Keime der Wärme aussetzt. Es ist ein beträchtlicher Unterschied, ob die gleichen Keime in Leitungswasser, in physiologischer Kochsalzlösung, in Nährbouillon verschiedener Art, in Agar, in Vollmilch, in Fett oder Eiter der Wärmewirkung ausgesetzt werden. GRÜN betont 1968, daß ein entscheidender Faktor für die Absterbegeschwindigkeit auch die Keimdichte ist. Schließlich spielt nach GRÜN der "Reaktionsort" oder das Medium eine wichtige Rolle, d.h. die Beschaffenheit des Objektes, das von Keimen infiziert ist.

Alle diese oben erwähnten Faktoren sollen in den praktischen Untersuchungen über die Effektivität der Heißluftdesinfektion Berücksichtigung finden.

2. Der Desinfektionsapparat

Um bei der jeweiligen, genau festgelegten Desinfektionstemperatur exakte Mindestzeiten zu erhalten, bei denen völlige Abtötung der Keime erzielt ist, benötigte ich einen Apparat, in dessen Desinfektionskammer an allen Stellen weitestgehend gleiche Temperatur herrschte; diese Temperatur durfte nur in möglichst kleinen Bereichen schwanken. GRÜN empfiehlt 1965 als Sterilisationsgeräte Apparate mit bewegter Heißluft: System Dr. GRUSS, denn "Geräte mit stehender Heißluft weisen häufig Temperaturinseln von ± 15-2o% auf, wodurch die Sterilisation unsicher wird" (GRÜN). Infolgedessen habe ich für meine Versuche ein von den Elektrowerken Dr. GRUSS-Neuß- konstruiertes Gerät ("Heißluft-Kreislauf-Sterilisator, System Dr. GRUSS, Typ F 2o") verwendet. Es handelt sich um ein Modell mit zwei herausnehmbaren Siebschalen, einer Leistung von 11oo Watt und folgenden Abmessungen: Breite: 7o5 cm, Höhe: 53o cm, Tiefe: 355cm. Der Sterilisations-bzw. Desinfektionsraum hat ein Nutzvolumen von ca. 2o Litern, (Breite: 43o cm, Höhe: 2oo cm, Tiefe: 265 cm) d.h. das Gerät ist wesentlich kleiner als der VONDRAN-Apparat (ca. 1-4 cbm Nutzraum)oder das von KONRICH angegebene Gerät (4,4 cbm).
Allen Heißluftsterilisatoren, die seit 1946 nach dem System Dr. GRUSS konstruiert werden, liegt das Prinzip der gerichteten mechanischen Luftumwälzung zugrunde, wobei die Luftbewegung in der Sterilisierkammer durch eine mechanische Einrichtung, die sich außerhalb der Sterilisierkammer befindet, erzeugt wird und die Luft in kontinuierliche oder ihre Richtung wechselnde Strömung versetzt wird (DIN 58946). Hinsichtlich der Sterilisations- bzw. Desinfektionswirkung ist dieses Prinzip dem Verfahren der Luftdurchwirbelung, das bei anderen Geräten Anwen-

dung findet, - hierbei wird durch eine mechanische Einrichtung innerhalb des Sterilisationsraumes selbst die Luft zur Wirbelbildung veranlaßt - weit überlegen (KANZ). Die Arbeitsweise des benutzten Gerätes ist insofern dem 1916 von RAUTMANN beschriebenen VONDRAN-Prinzip ähnlich, als sich die heiße Luft ebenfalls in ständiger Zirkulation befindet und in das Desinfektionsgut gepreßt wird (die genaue Geschwindigkeit der heißen Luft wird von der Dr. GRUSS KG nicht angegeben):

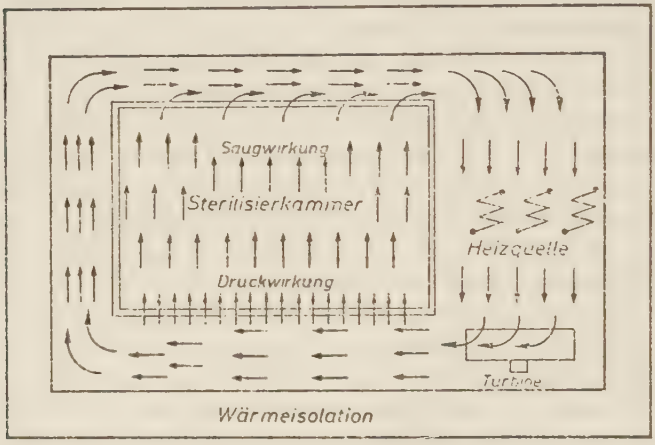

Abb. 1: Funktionsweise des in der Arbeit benutzten Sterilisators

Eine unmittelbar unter einer elektrischen Heizquelle befindliche Turbine saugt die Luft durch die Heizung an, treibt sie über einen am Boden angebrachten Zufuhrkanal mit großer Geschwindigkeit in den Sterilisationsraum hinein. Einem Teil der Luft ist es - im Gegensatz zum VONDRAN-Apparat - möglich, außen um den Sterilisationsraum herum sofort in den Abzugskanal einzutreten, von wo er durch die Turbine, zusammen mit der Luft, die den Sterilisationsraum passiert hat, über die Heizaggregate wiederum angesaugt wird. Eintritt und Austritt der Luft erfolgen durch Löcher im Boden bzw. in der Decke des Sterilisationsraumes. So entsteht durch die Druck- und Saugwirkung zwangsweise ein dauernder gerichteter Kreislauf der strömenden Heißluft, und das Desinfektionsgut wird gleichmäßig durchflutet. Ungenügend erhitzte Luftinseln können auf diese Weise unterbunden werden, die beste Wärmeverteilung und ein nahezu idealer Wärmeausgleich werden herbeigeführt. (KANZ)
Beschickung und Füllung spielen bei dieser Art Sterilisatoren praktisch keine Rolle, solange die Heißluft noch an den Gegenständen vorbeistreichen und an der Decke wieder austreten kann.
Ein drehbarer Zeiger am Temperaturregler erlaubt die Einstellung der gewünschten Temperatur bis 2oo°C. Ein zweiter Zeiger gibt als Thermometer laufend die Temperatur im Apparatinnern an. Nach Einschaltung des Gerätes erwärmt sich die Luft langsam auf die eingestellte Temperatur; ist diese um 2% überschritten, so schaltet sich die Heizung ab, während die Turbine weiterarbeitet.Sinkt die Temperatur im weiteren Verlauf um 2% unter die gewählte Temperatur, so schaltet sich die Heizung wieder ein. Eine Kontrollampe leuchtet auf. Die wirkliche Temperatur im Apparatinnern pendelt also um $\pm$ 2% um die mittlere eingestellte Temperatur. Durch eine eingebaute Zeitschaltuhr kann die Sterilisier- bzw. Desinfektionszeit im voraus gewählt werden.
Mit Hilfe eines Thermographen, der die Temperatur im Inneren des Sterilisators alle sechs Sekunden anzeigte und gegebenenfalls auch aufzeichnete, konnte bei meinen Ver-

suchen die Temperatur genau kontrolliert werden. Es stellte sich heraus, daß der Temperaturregler des Apparates sehr genau arbeitete: es ergab sich eine Temperaturdifferenz von höchstens ± 1°C im Desinfektionsraum.
Zur Aufstellung einer Abtötungskurve der Keime benötigte ich die bei einer bestimmten Temperatur notwendige Mindesteinwirkzeit der desinfizierenden Heißluft. Die Keime durften nur dieser Temperatur ausgesetzt werden, d.h. der Apparat mußte zunächst auf die jeweilige Versuchstemperatur gebracht werden, erst dann konnte das Untersuchungsmaterial hineingelegt werden. Durch das kurze Öffnen des Apparates ergab sich natürlich ein kurzzeitiges Abfallen der Temperatur im Inneren des Gerätes, das aber nach wenigen Sekunden wieder kompensiert war. Nach abgeschlossener Desinfektionszeit wurde das Keimmaterial sofort wieder aus dem Apparat entfernt, denn sowohl der Abkühlungszeit als auch der Anheizzeit kann ein gewisser zusätzlicher Desinfektionseffekt, der ja vermieden werden sollte, sicherlich nicht abgesprochen werden.
Sollte ein zweiter Desinfektionstest im Anschluß an den ersten erfolgen, wurde sorgfältig darauf geachtet, daß die Versuchstemperatur, die ja durch das Öffnen des Apparates leicht abgefallen war, sich vor Einlegen der neuen Probe wieder exakt eingependelt hatte.

3. Das Untersuchungsmaterial

Als Testkeime benutzte ich folgende sechs vegetative Bakterien:

1. Staphylococcus aureus hämolyticus, Stamm D 136
2. Escherichia coli, Stamm I
3. Pseudomonas aeruginosa, Stamm 1474
4. Enterobacter cloacae
5. Klebsiella, Stamm AaA
6. Enterokokken

Hierbei wurde der Forderung KONRICHs entsprochen, in die Untersuchungen den Testkeim Staphylococcus aureus einzu-

beziehen, der ja den Ergebnissen KONRICHs zufolge die höchste Resistenz in der Gruppe I der Mikroorganismen zeigt. Alle oben aufgeführten sechs Stämme sind reinkultivierte alte Laboratoriumstämme, mit denen schon länger am Hygiene-Institut Düsseldorf gearbeitet wurde. Die Staphylokokken, Pseudomonaden und Enterokokken ließen sich am besten auf einem Blutagar (fester Nährboden) züchten, während die übrigen drei Stämme (Coli, Klebsiellen und Enterobacter) optimale Kulturen auf Endoplatten bildeten.

4. Die Keimträger

Als Medium wurden in allen Versuchen dünne Aluminium - Plättchen verwendet der Größe 1 x 4 cm. Auf ihre relativ glatte Oberfläche wurden die Keime aufgebracht. Wie GRÜN schon 1965 betont, ist das Material des Keimträgers nicht unerheblich für den Desinfektionserfolg: " So ist ein Hackklotz aus Holz, wie er in Metzgereien und Großküchen üblich ist, infolge seiner Porosität, mit seinen sichtbaren und unsichtbaren Scharten, schwerer zu desinfizieren als glasierte Kacheln oder glatte Metalloberflächen." Es lagen also in meinen Versuchen hinsichtlich des Mediums relativ günstige Bedingungen für die Abtötung der Bakterien vor.

5. Methode

a. Versuchsreihe I

aa. Verfahren

Da im Gegensatz zu den festen Nährböden nicht bekannt war, welcher von drei zur Verfügung stehenden flüssigen Nährmedien den sechs Bakterien ideale Vermehrungsmöglichkeiten bot, sollte der optimale flüssige Nährboden in der ersten Versuchsreihe bestimmt werden. Zur Auswahl standen folgende

drei Nähragar:

1. Traubenzucker-Bouillon
2. Soja-Brühe, p_H : ca. 7,3
3. Einfache Bouillon, p_H : 7,4

Die drei Brühen setzen sich aus folgenden Ingredienzien zusammen:

Bouillon: o,8% Oxoid Fleischextrakt pulverisiert
(p_H:7,4) 1,o% Oxoid Pepton Proteose
o,3% NaCl
o,2% $Na_2HPO_4 \cdot 12\ H_2O$

Traubenzucker-Brühe: dieselben Bestandteile wie oben, aber zusätzlich: 1% Traubenzucker

Soja-Brühe: 1,7% Oxoid L 42 = mit Pancreasenzym behandeltes Casein
(p_H: ca. 7,3) o,3% Oxoid L 44= mit Papayaextrakt behandeltes Sojabohnenmehl
o,5% NaCl
o,25% KH_2PO_4
o,25% Dextrose

Zunächst wurde einer der sechs Testkeime unter sterilen Kautelen von dem festen Nährboden, auf dem er gezüchtet worden war, in ein Reagenzglas überimpft, das 5 ml sterile Traubenzucker-Brühe, das erste der zu untersuchenden flüssigen Nährsubstrate, enthielt. Nach einer Inkubationszeit von ca. 16-24 Stunden im Brutschrank von 37°C war die Nährlösung getrübt, ein Zeichen, daß Bakterienwachstum eingetreten war. Auf die sterilisierten Keimträger (1 x 4 cm große Aluminium-Plättchen) wurden nun jeweils o,1 ml aus der mit Bakterien infizierten Traubenzucker-Brühe pipettiert und gleichmäßig verteilt. Nach ca. 45 Minuten Stehen im Brutschrank bei 37°C waren die Bakterien auf den Trägern vollkommen angetrocknet. Die infizierten Aluminium-Plättchen wurden mit einer sterilen Pinzette bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Zeit lang in den Sterilisator gelegt, und zwar auf die untere Siebschale; die obere wurde entfernt. Als Einwirkzeiten waren folgende Intervalle festgelegt: 2,5 Minuten, 5; 7,5; 1o; 15; 2o; 3o; 45; 6o; 75; 9o Minuten. Eine Verlängerung der Einwirk-

zeit über 9o Minuten hinaus erfolgte in keinem Fall. Die Testtemperaturen waren: 1oo°, 11o°, 12o°, 13o°C. Nach Ablauf der Einwirkzeit holte ich die Aluminium-Plättchen mit einer sterilen Pinzette aus dem Sterilisator heraus. Auf dem für das Bakterium idealen festen Nährboden (also entweder Blut- oder Endoplatte) wurde erst eine sogenannte Abklatschprobe durchgeführt; anschließend legte ich das Aluminium-Plättchen in ein Reagenzglas mit der zu testenden Traubenzucker-Brühe. Grundsätzlich führte ich alle Versuche im Doppelansatz durch. Zusätzlich fertigte ich einen Leerwert zur Kontrolle an, d.h. ein Aluminium-Plättchen wurde überhaupt nicht in den Sterilisator gegeben. Die Keimzahl (Dichte der Keimaufschwemmung) der in der infizierten Traubenzucker- Brühe vorhandenen Bakterien bestimmte ich mit Hilfe einer Verdünnungsreihe: Die Traubenzucker-Brühe wurde im Verhältnis 1:1o in steriler NaCl verdünnt (o,5 ml Traubenzucker-Brühe in 4,5 ml NaCl und so fort), und zwar in 6 bis 7 NaCl-Röhrchen. Die Verdünnungen der letzten beiden Stufen (z.B. 1:1.ooo.ooo) spatelte ich, ebenfalls im Doppelansatz, auf Agarplatten aus (o,1 ml je Platte).Die (Blut- oder Endo-) Nährböden mit den Abklatschproben, die Reagenzgläser mit der Traubenzucker-Brühe und den Aluminium-Plättchen und die Agarplatten für die Keimzahlbestimmung wurden dann während 24-96 Stunden bei 37°C inkubiert. Manche Proben zeigten erst nach 4 Tagen eine Trübung der Brühe, deshalb wurden sie alle bis zu dieser Zeit aufgehoben.
Die Auswertung der Versuche erfolgte folgendermaßen: Trübung der Brühe wurde als Wachstum der Bakterien gewertet. Von den nicht getrübten Reagenzgläschen und von denen, bei denen Unsicherheit bestand hinsichtlich der Trübung, wurde vorsichtshalber ein Abstrich auf Blut- oder Endoplatten gemacht und so der Desinfektionserfolg überprüft. Die Abklatschproben zeigten bei nicht eingetretener Desinfektion die für jede Bakterienart typischen Kolonien, andernfalls war der Nährboden leer. In bezug auf die Koloniенanzahl, die die positiven Abklatschproben aufwiesen, wurde folgende Differenzierung vorgenommen:

III bedeutete: reichliches Wachstum, "Rasen", keine Einzelkolonien identifizierbar (immer beim Leerwert der Fall)

II bedeutete: Einzelkolonien über 1oo Stück erkennbar

I bedeutete: Einzelkolonien von 15-1oo Stück erkennbar

1-15 bedeutete: Anzahl der Einzelkolonien

Die Keimzahlbestimmung erfolgte folgendermaßen: Ausgehend von der Tatsache, daß jeder überlebende Keim eine Kolonie bildet, wurden die auf den beiden (Doppelansatz) Agarplatten gewachsenen Kolonien gezählt und das Ergebnis gemittelt. Von der jeweiligen Verdünnungsstufe konnte auf die Ausgangskonzentration geschlossen werden, die Keimzahl pro ml.

Diese Versuche wurden mit allen drei zur Verfügung stehenden flüssigen Nährsubstraten und allen sechs vegetativen Keimen durchgeführt.

ab. Ergebnis

1. Die Keimzahl in allen drei Nährlösungen lag im Durchschnitt bei 10^9/ ml.
2. Das optimale flüssige Nährsubstrat für alle sechs Bakterien stellt die einfache Bouillon, p_H 7,4 dar, d.h. in diesem Milieu liegt höchste Resistenz der Bakterien vor.

Das letzte Resultat läßt sich am besten an Hand von Graphiken verdeutlichen, die von jedem Bakterienstamm angefertigt wurden: Die bei den verschiedenen 4 Temperaturen notwendigen Abtötungszeiten sind durch Linien gekennzeichnet. Die Endpunkte der Linien geben die Einwirkzeiten an, bei denen noch keine Desinfektion erreicht werden konnte, ein Zeitintervall später lag dann Keimfreiheit vor. Aufgrund der oben erwähnten differenzierten Eintragungen über die positiven Abklatschproben kann hinzugefügt werden, daß bei den Endpunkten jeweils nur noch ganz vereinzeltes Wachstum der Bakterien nachweisbar war; die Kolonienzahl lag immer in der untersten Kategorie: zählbare Kolonien von 1-15 Stück pro Abklatschprobe. Einige Proben waren sogar schon ganz keimfrei. Bei diesen Einwirkzeiten ist also gerade

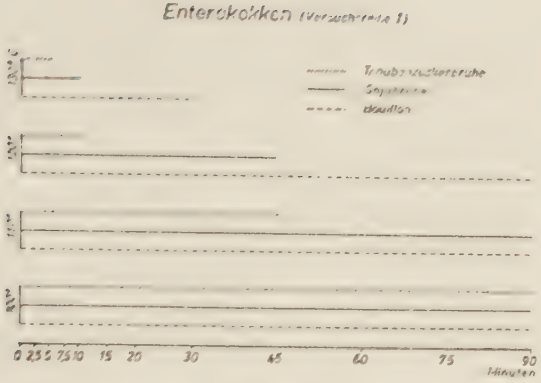
Enterokokken (Versuchsreihe 1)
Traubenzuckerbrühe
Sojabrühe
Bouillon
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 2

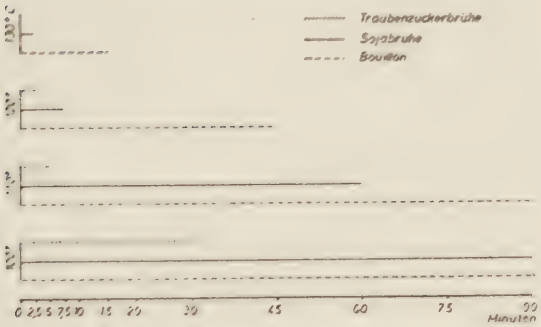
Staphylokokken D 136 (Versuchsreihe 1)
Traubenzuckerbrühe
Sojabrühe
Bouillon
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 3

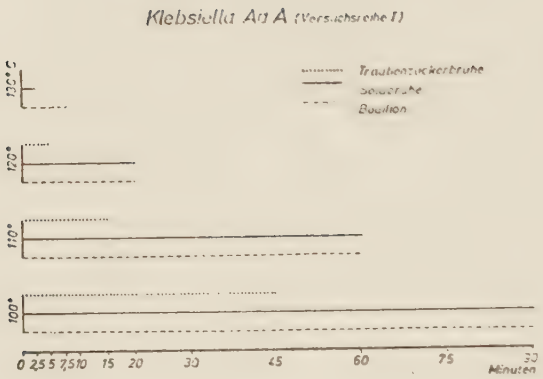
Klebsiella Art A (Versuchsreihe I)
Traubenzuckerbrühe
Sojabrühe
Bouillon
130° C
120°
110°
100°
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 4

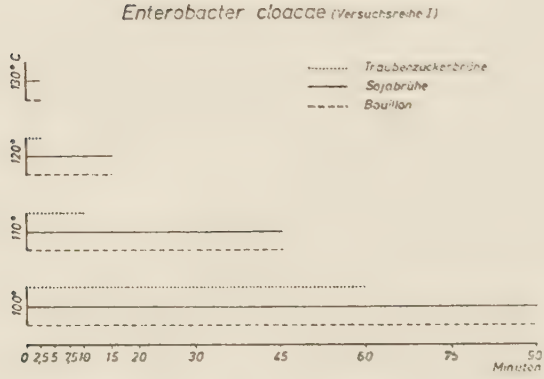
Enterobacter cloacae (Versuchsreihe I)
Traubenzuckerbrühe
Sojabrühe
Bouillon
130° C
120°
110°
100°
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 5

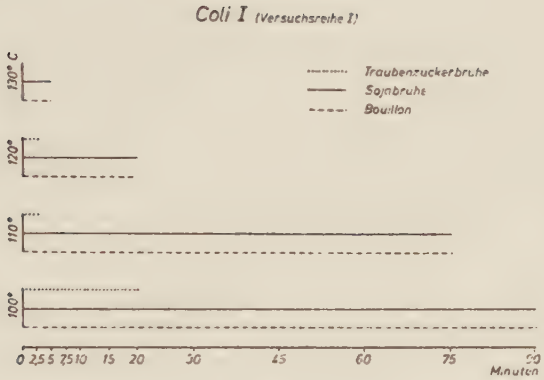

Abb. 6

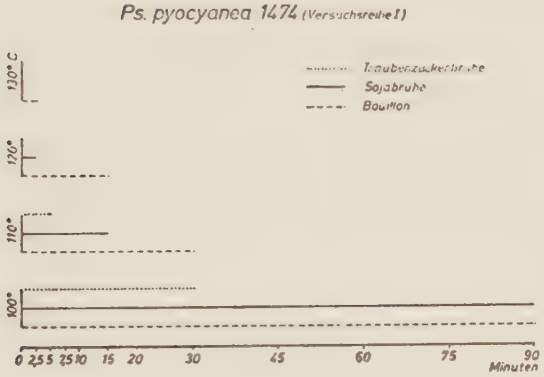

Abb. 7

Abb. 2 bis 7: Thermoresistenz der sechs mit Traubenzuckerbrühe, Sojabrühe und Bouillon behandelten Prüfkeime

eben keine Abtötung mehr erzielt worden, beim nachfolgenden Zeitintervall ist dann sichere Desinfektion eingetreten. Die sechs Graphiken veranschaulichen: Die für die Desinfektion notwendigen Einwirkzeiten sind bei den tiefen Temperaturen, 1oo° und 11o°C, natürlicherweise am längsten. Die Abtötungszeiten verringern sich mit steigender Temperatur, sind aber durchweg am längsten, wenn sich die Bakterien in der Bouillonaufschwemmung (gestrichelte Linie) befinden. Nur bei Coli und Enterobacter besteht kein Unterschied zwischen der Sojabrühe und der Bouillon; in allen anderen Fällen scheinen die Bakterien jedoch weitaus resistenter gegenüber der Hitzeeinwirkung zu sein, wenn sie sich in der Bouillonaufschwemmung befinden. Die Traubenzucker-Brühe bietet den sechs Bakterien bei weitem die schlechtesten Wachstumsbedingungen: die Einwirkzeiten zur Abtötung der Keime sind am geringsten. Möglicherweise werden die Mikroorganismen durch die Säure, zu der sie den Zucker (Glucose) vergären, selbst geschädigt. (Dagegen spricht jedoch, daß Pseudomonas und Enterobacter cloacae keine Glucose spalten und dennoch genauso schnell wie die anderen Bakterien in der Traubenzucker-Brühe abgetötet werden können.) Die Abtötungszeiten für die Keime in der Bouillonaufschwemmung können als Referenzwerte für die zweite Versuchsreihe gelten, bei der die Einwirkung der heißen Luft auf Keime, die sich im Milieu "Blut" befinden, geprüft wurde.

b. Versuchsreihe II

Mit einem sterilen, trockenen Tupfer wurden die Keime vom festen Blut- bzw. Endonährboden abgewischt und in einem Reagenzglas mit steriler Kochsalzlösung so lange ausgedrückt, bis sich eine deutliche Trübung der NaCl zeigte. Auf zwei nicht vorgetrockneten sterilen Agarplatten wurde der Tupfer mit der nun infizierten NaCl so ausgestrichen, daß die Keime überall gut verteilt waren. Nach 16-24 stündiger Bebrütungsdauer zeigte sich dann auch reichliches Wachstum der Keime ("Rasen"). Die bei-

den infizierten Agarplatten wurden mit je 5 ml sterilem Hammelblut abgeschwemmt. Mit einem sterilen Glasspatel versuchte ich, die Keime vom Nährboden zu lösen, ohne allerdings den Agar zu beschädigen. Das Blut mit den Keimen von beiden Nährböden wurde in einer sterilen Petrischale aufgefangen; von da aus infizierte ich die sterilen Aluminium-Plättchen nach gutem Durchmischen des Blutes (wichtig, da sonst das nicht homogene Blut nach dem Antrocknen vom Träger abplatzte).Nach dem Antrocknen des Blutes im Brutschrank waren die Keime quasi im Blut inkrustriert. Die Desinfektion erfolgte unter den oben geschilderten Versuchsbedingungen und mit allen sechs Testkeimen. Nach der Abklatschprobe wurden die Aluminium-Plättchen nun in Bouillon gegeben, da diese ja in der ersten Versuchsreihe die optimalen Wachstumsbedingungen für die Bakterien ergeben hatte und somit den genauesten Nachweis für bakterielles Wachstum darstellt. Zusätzlich wurde in dieser Versuchsreihe die Einwirkzeit bei der Temperatur 14o°C bestimmt. Die Auswertung der Versuche und die Keimzahlbestimmung erfolgten wie bisher.

C Ergebnisse

1. Die Keimzahl lag in dieser Versuchsreihe bei durchschnittlich 5o x $1o^9$/ml, d.h. sie betrug das 5ofache der Keimzahl in der Traubenzucker-Brühe, Sojabrühe oder Bouillon.

Die übrigen Resultate über die zur Abtötung notwendigen Einwirkzeiten bei den jeweiligen Temperaturen lassen sich am besten an Hand der angefügten Zeichnungen veranschaulichen.

2. Bei den Enterokokken zeigt sich, daß in den unteren Temperaturbereichen, von 1oo - 12o°C, mit den in meinen Versuchen angewendeten Einwirkungszeiten keine Abtötung zu erzielen ist, und zwar weder im Milieu Blut noch in der Bouillon. Erst bei 13o°C gelingt es, die in der Bouillon angetrockneten Keime innerhalb von

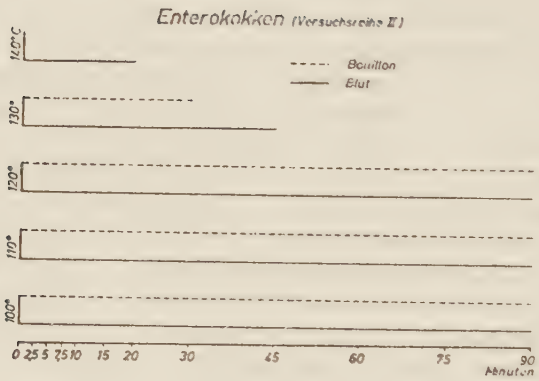
Enterokokken (Versuchsreihe II)
140°C
130°
120°
110°
100°
Bouillon
Blut
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 8

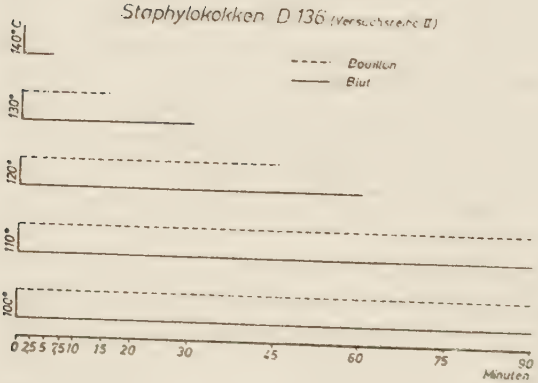
Staphylokokken D 136 (Versuchsreihe II)
140°C
130°
120°
110°
100°
Bouillon
Blut
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 9

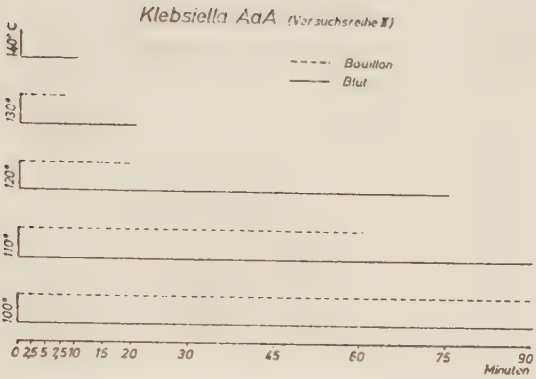
Klebsiella AaA (Versuchsreihe I)
Bouillon
Blut
140° C
130°
120°
110°
100°
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 10

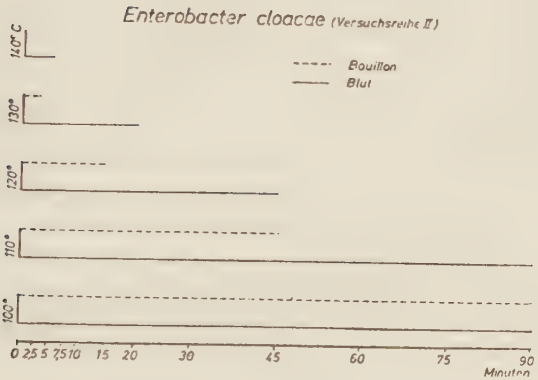
Enterobacter cloacae (Versuchsreihe II)
Bouillon
Blut
140° C
130°
120°
110°
100°
0 2,5 5 7,5 10 15 20 30 45 60 75 90
Minuten

Abb. 11

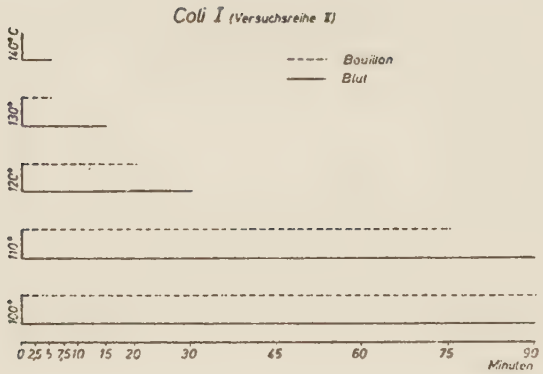

Abb. 12

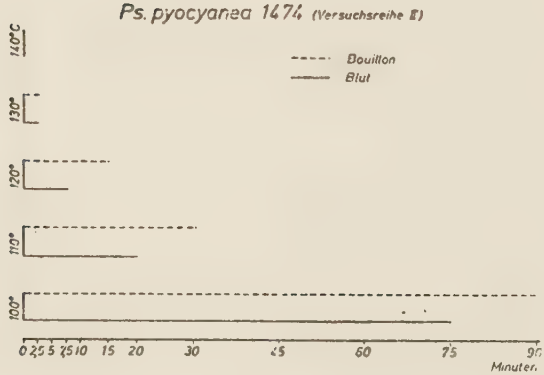

Abb. 13

Abb. 8 bis 13: Thermoresistenz der sechs mit Bouillon und Blut behandelten Testbakterien

45 Minuten, im Blut erst nach 6o Minuten Einwirkungszeit, abzutöten. (Abb. 8)

3. Die Staphylokokken können nach 9ominutiger Einwirkungszeit bei 1oo°und 11o°C nicht abgetötet werden. Bei 12o°C ergibt sich eine Verlängerung der Abtötungszeit der in Blut inkrustrierten Keime um 25% gegenüber der Abtötungszeit der in Bouillon angetrockneten Bakterien, bei 13o°C sogar um ca. 55%. (Abb. 9)
4. Eine Abtötung der in Bouillon befindlichen Klebsiellen kann schon bei 11o°C erreicht werden nach 75minutiger Einwirkungszeit. Bei 12o°C sind nur noch 3o Minuten erforderlich; der in Blut inkrustrierte Keim braucht jedoch dreimal so lange, bis er abgetötet ist: 9o Minuten. Auch bei 13o°C beträgt die Abtötungszeit für die Keime im Blut das 3fache: 3o Minuten gegenüber 1o Minuten. (Abb. 1o)
5. Auch bei Enterobacter cloacae reicht die Temperatur von 11o°C zur Abtötung der in Bouillon angetrockneten Keime aus: in 6o Minuten kann Keimfreiheit erzielt werden. Bei 12o°C braucht man zur Vernichtung der Keime in diesem Milieu 2o Minuten, im Blut dagegen ist zur Abtötung die dreifache Zeit, 6o Minuten, erforderlich. Noch extremer liegt der Unterschied bei 13o°C: 5 Minuten Abtötungszeit für die in der Bouillon befindlichen Bakterien stehen gegenüber 3o Minuten (die 6fache Zeit) für die in Blut inkrustrierten Keime.(Abb. 11)
6. Escherichia coli zeigt sich bei 11o°C in der Bouillon etwas resistenter als Enterobacter: 9o Minuten sind zur Vernichtung erforderlich. Bei 12o°C braucht man zur sicheren Abtötung 3o Minuten, die in Blut inkrustrierten Keime überleben bei dieser Einwirkzeit; sie sind erst bei dem nächsten Zeitintervall, 45 Minuten, abgetötet. Bei 13o°C stirbt E. coli in Bouillon nach 7,5minutiger Einwirkzeit, in Blut erst nach ca. dreifacher Einwirkzeit, 2o Minuten, ab. (Abb. 12)
7. Pseudomonas aeruginosa (Ps. pyocyanea) kann schon bei 1oo°C in 9o Minuten abgetötet werden, wenn es sich im Milieu Blut befindet. In Bouillon wird das Bakterium

erst bei 11o°C nach 45 Minuten vernichtet, im Blut braucht man bei dieser Temperatur eine kürzere Einwirkzeit: nur 3o Minuten. Auch bei 12o°C kann man Ps. pyocyanea leichter im Milieu Blut abtöten: 1o Minuten genügen gegenüber 2o Minuten in der Bouillon. Bei 13o°C schließlich läßt sich kein Unterschied verzeichnen: sowohl in der Bouillon als auch im Blut ist nach 5 Minuten Einwirkzeit sichere Desinfektion erzielt. Versuche bei 14o°C ergaben schon nach 2,5 Minuten Keimfreiheit. (Abb. 13)

D Auswertung der Ergebnisse

1. Resistenzerhöhung der im Blut angetrockneten Bakterien

Aus den Graphiken geht hervor, daß im allgemeinen weitaus längere Einwirkzeiten notwendig sind, um die in Blut inkrustrierten Keime abzutöten, als in der ersten Versuchsreihe. Die Bakterien erfahren also durch den Schutzstoff "Blut" eine Resistenzsteigerung, die besonders auffällig ist beim Keim Enterobacter: Bei 12o°C erhöht sich die Abtötungszeit im Milieu Blut um das Dreifache, bei 13o°C dagegen um das Sechsfache. Auch Klebsiella ist bedeutend resistenter gegenüber der Hitzeeinwirkung, wenn es in Blut inkrustriert ist: Bei 12o°C und 13o°C erhöht sich die notwendige Einwirkzeit um das Dreifache. Die anderen Keime zeigen nicht ganz so ausgeprägte Resistenzsteigerungen, aber auch hier beträgt die durchschnittlich notwendige Einwirkzeit zur Abtötung der in Blut inkrustrierten Keime das 1,5 bis 2,5fache der Zeit in der ersten Versuchsreihe. Eine Ausnahme von dieser allgemein festzustellenden Tendenz bildet lediglich Pseudomonas aeruginosa, bei dem bei 13o°C kein Unterschied hinsichtlich der Hitzeresistenz zwischen Blut-und Bouillonkeimen besteht; bei den anderen Temperaturen liegt jedoch eine deutliche Verkürzung der Abtötungszeit bei den in Blut inkrustrierten Keimen vor. Eine Erklärung für dieses abweichende Verhalten des Bakterienstammes

steht noch aus. Man kann also aus den Versuchen schließen, daß das Milieu Blut die Desinfektion mittels trockener Heißluft im allgemeinen ganz erheblich erschwert, weil die Bakterien durch das eingetrocknete Blut geschützt sind, von der desinfizierenden heißen Luft weniger erreicht werden können und somit resistenter sind.
Dieses Ergebnis stimmt gut überein mit Untersuchungen aus der Literatur: Wie schon erwähnt, stellten CLAUBERG und PFLAUM bereits 1942 empirisch fest, daß der "Entkeimungseffekt" bei der Anwendung der Hitzedesinfektion "an Ausscheidungsmaterial wie Stuhl und Eiter unbefriedigend" sei. "Offenbar kommt es unter dem Einfluß der heißen Luft zu Koagulations- und Austrocknungserscheinungen in den äußeren Schichten dieses Ausscheidungsmaterials, wodurch der Hitzeabtötung (...) noch zu ergründende Hemmnisse entgegengesetzt werden." 1951 gelang es ROEMER, diese Hemmnisse aufzuklären: Durch systematische Versuche über den Einfluß bewegter Heißluft auf Bakterien mit und ohne "Beimengung von Blutbestandteilen" fand er heraus, daß die Widerstandsfähigkeit der in Blut eingeschlossenen Mikroorganismen tatsächlich erheblich ansteigt. Er sprach als erster von der "Schutzfunktion", die die Eiweißhülle Blut auf die Bakterien ausübt. Seit ROEMER, also nach 1951, ist diese Tatsache in der Literatur ganz unbestritten: KLUCZKA und LAMMERS betonen 1956, daß eine Desinfektion von Bakterien, Viren und Pilzen "allerdings nur dann mit genügender Sicherheit" erfolgt, " wenn die Instrumente vorher von Blut, Eiter, Speichel gründlich gereinigt sind. Eiweiß koaguliert durch Hitze. Das koagulierte Eiweiß kann u.U. verhindern, daß die Hitze den Infektionserreger erreicht und somit vernichtet." KOMRICH und STUTZ geben 1963 an:"Die Widerstandsfähigkeit der Keime hängt außer von ihrer Art in hohem Maße davon ab, (...) ob sie in Eiweiße, Fette, Blut, Eiter oder andere Substanzen eingehüllt sind. Solche Stoffe schützen die Keime gegen die Wärme (Schutzstoffe)." Auch GRÜN empfiehlt 1965, "die Kochdauer zur Vernichtung der vegetativen Keime sollte 3o Minuten nicht unterschreiten, da in Serum oder Blut eingehüllte Bakterien im siedenden

Wasser mehr als 15 Minuten überleben können." Und 1968 gibt GRÜN nochmals an: "Sind die Keime jedoch von Blutresten umschlossen, so können sie bis zu 2o Minuten im siedenden Wasser überleben." Blut ist somit nicht nur ein Schutzstoff für die Bakterien gegen heiße Luft, sondern erhöht auch ihre Resistenz im siedenden Wasser.

2. Unterschiedliche Thermoresistenz der Keime

Es fällt auf, daß zur Abtötung der sechs Bakterienarten ganz verschiedene Einwirkzeiten bei den einzelnen Temperaturen nötig sind. Weder bei den drei gramnegativen Bakterienarten Coli, Enterobacter cloacae und Klebsiella, die bakteriologisch alle der Gruppe der Enterobakterien zuzuordnen sind, noch bei den beiden grampositiven Kokkenarten - Staphylokokken und Enterokokken - liegt übereinstimmende Thermoresistenz vor. Man kann jedoch aus den vorliegenden Ergebnissen ablesen, daß die beiden Kokkenstämme - Enterokokken und Staphylokokken - thermoresistenter sind als die Gruppe der Enterobakterien und daß diese wiederum hitzestabiler sind als Pseudomonas pyocyanea. Will man eine Skala der Widerstandsfähigkeit aufstellen, so steht ganz eindeutig der Enterokokkenstamm an der Spitze, denn mit Temperaturen von 1oo°- 12o°C ist er in 9o Minuten im Gegensatz zu allen anderen 5 Bakterienarten überhaupt nicht abzutöten. Danach folgen wohl die Staphylokokken, obschon man zur Abtötung der in Blut inkrustrierten Keime bei 14o°C und bei 12o°C mit geringeren Einwirkzeiten auskommt als bei Klebsiella. In der Gruppe der Enterobakterien hat sich Klebsiella als am resistentesten erwiesen. Enterobacter cloacae und E. coli sind etwa gleich thermoresistent: Enterobacter zeigt sehr lange Abtötungszeiten im Milieu Blut. Dieses Bakterium erfährt eine starke Resistenzsteigerung; E.coli überlebt jedoch umso besser in der Bouillon. Pseudomonas ist der thermolabilste von allen sechs Stämmen: bei 13o°C ist er schon in 5 Minuten sicher vernichtet, und sogar mit Temperatu-

ren von 1oo°C kann er abgetötet werden, wenn die Einwirkzeit 9o Minuten beträgt.
Diese Ergebnisse werden in der Literatur teilweise unterstrichen, teilweise finden sich auch Widersprüche:
SCHUMBURG weist 19o2 auf die außerordentliche Resistenz der Staphylokokken hin, die an die der Milzbrandsporen heranreiche. Übereinstimmend mit meinen Ergebnissen zeigten sich in seinen Versuchen die Staphylokokken thermoresistenter als Kotbakterien. GRASSBERGER zitiert BALLNERs Versuche, in denen sich die Resistenzunterschiede zwischen Staphylokokken, E.coli, Pseudomonas aeruginosa als gering herausstellten, die Staphylokokken sollen nach BALLNER und auch XYLANDER eine etwas höhere Resistenz aufweisen. KONRICH erklärt den Staphylococcus aureus wiederholt als den Keim mit der höchsten Resistenz überhaupt und bedient sich deshalb für seine Versuche hauptsächlich dieses Keimes. GRÜN macht folgende Angaben über die Resistenz von Keimen gegenüber chemischen Desinfektionsmitteln, die möglicherweise parallel geht mit der Thermoresistenz dieser Keime: Gramnegative Keime sind empfindlicher als Staphylokokken. Im Zusammenhang mit der Wäschedesinfektion macht er auf die außerordentliche Resistenz der Staphylokokken aufmerksam: Sie werden als einzige Gruppe unter den vegetativen Keimen in Haushaltwaschmaschinen bei Temperaturen von 9o° - 1oo°C nicht sicher abgetötet. Außerdem beschreibt GRÜN die ganz unterschiedliche Hitzetoleranz der Staphylokokken bei den einzelnen Stämmen und erklärt damit die Tatsache, daß die Angaben über die zur Abtötung dieser Keime notwendigen Temperaturen und Einwirkzeiten in der Literatur so stark schwanken. In einer besonderen Versuchsreihe gelang es GRÜN nachzuweisen, daß die Staphylokokken sogar an die Hitze adaptiert werden können: Durch systematische Selektion konnte er die Thermoresistenz pyogener Staphylokokken steigern.
OTTE gibt in Übereinstimmung mit meinen Resultaten eine "erhöhte Thermoresistenz" der Streptokokken D-Gruppe = Enterokokken an.
WUNDT erklärt die Bakterien Enterobacter, Klebsiella und

E.coli als unterschiedlich resistent, seinen Angaben zufolge werden sie bei Temperaturen vernichtet, die niedriger liegen als die von OTTE genannten Werte, die zur Abtötung von Enterokokken notwendig sind.
GLAWOGGER macht exakt dieselben Angaben wie WUNDT.
SPICHER hat 1973 Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit von Bakterien gegenüber chemischen Desinfektionsmitteln angestellt und kommt zu dem Ergebnis, daß Staphylococcus aureus resistenter ist als Pseudomonas pyocyanea, und zwar sowohl unter Formaldehyd- als auch unter Phenoleinwirkung. Hier entspricht also scheinbar die Chemoresistenz der Thermoresistenz.
WIESMANN schließlich macht folgende Aussagen: "Die Staphylokokken gehören zu den resistentesten nichtsporenbildenden Bakterien.- Die Streptokokken sind, abgesehen von den Enterokokken, gegen Umwelteinflüsse viel weniger resistent als Staphylokokken.- Gegen Umwelteinflüsse sind die Enterobakterien eher resistent.- Pseudomonas ist gegenüber Umwelteinflüssen recht resistent und wird auch durch die meisten Desinfektionsmittel bedeutend weniger beeinflußt als z.B. die Angehörigen der Familie Enterobacteriaceae."

3. Die Enterokokken als der thermoresistenteste Keim

Aus dem oben bereits erwähnten Versuchsergebnis, daß die Enterokokken die höchste Thermoresistenz unter den sechs Testkeimen aufweisen, leitet sich die Forderung ab, den Wert der Hitzedesinfektion zukünftig mindestens an der Abtötung dieser Bakterienart zu messen und nicht mehr, wie KONRICH 1968 noch verlangt hat, an der Vernichtung des Staphylococcus aureus. Literaturstellen, die auf die ganz überragende Rolle hindeuten, die die Enterokokken hinsichtlich ihrer Resistenz in der Hitzedesinfektion spielen, und die daraus resultierende allgemeine Bedeutung dieses Bakterienstammes, finden sich nur ganz vereinzelt. Im vorangehenden Abschnitt wurde schon OTTE zitiert, der eine erhöhte Thermoresistenz der Enterokokken angibt. In ROEMERs Untersuchungen über die Hitzeresistenz von Mikroorga-

nismen wird zwar nicht expressis verbis die enorme Thermoresistenz der Enterokokken hervorgehoben, doch geht aus Tabellen in ROEMERs Arbeit ganz deutlich hervor, daß die in Blut oder Serum angetrockneten Enterokokken in bewegter Heißluft länger überleben als Staphylococcus aureus haemolyticus in demselben Milieu, ein Ergebnis also, das die oben angegebenen Resultate unterstützt. In der neueren Literatur findet sich bereits eine Andeutung über die Probleme, die aufgrund der hohen Resistenz der Enterokokken entstehen können: GLAWOGGER (1969) beschreibt die Enterokokken als den zweitwichtigsten und zweitverbreitetesten Hospitalkeim, und zwar unmittelbar nach den Staphylokokken. Seinen Untersuchungen zufolge waren unter untersuchten Schwesternschülerinnen, bei denen Abstriche von der Rachenhinterwand, den Tonsillen, dem Zungengrund und der Wangenschleimhaut gemacht wurden, 3o,7% Staphylokokkenträgerinnen, 15,6% beherbergten Enterokokken. Auch an Gegenständen und Apparaturen von Krankenhäusern konnte der Verfasser eine außerordentlich große Verbreitung von Enterokokken nachweisen.
Nach JÁNOSSY (1971/72) spielen Enterokokken bei der Reinheitskontrolle von Arbeitsflächen in Betrieben eine spezielle Rolle,da sie gegenüber Trocknung, hohen Temperaturen, Detergentien und Desinfektionsmitteln eine große Resistenz besitzen. Die Autorin bezieht sich auf Untersuchungen über die Küchenhygiene eines Selbstbedienungsrestaurants. Trotz Verwendung eines chlorhaltigen Desinfektionsmittels zum Spülen konnte eine starke Verunreinigung des abgewaschenen Geschirrs und der Geräte mit Enterokokken nachgewiesen werden.

4. Notwendigkeit einer bestimmten Mindesttemperatur und Mindesteinwirkzeit zwecks einwandfreier Desinfektion

Ausgehend von der Tatsache, daß die Enterokokken als der resistenteste Stamm bei Temperaturen von 1oo° bis 12o°C nicht abgetötet werden können, kommen für die Heißluft-

desinfektion nur die Temperaturen von mindestens 13o°C, aber natürlich auch 14o°C, in Frage. Auch bei der Festlegung der Mindesteinwirkzeit muß man die Abtötung der Enterokokken wegen ihrer hohen Resistenz als Kriterium heranziehen: Im Versuch genügten bei den Keimen in der Bouillon 45 Minuten bei 13o°C, bei den in Blut inkrustrierten Bakterien mußten dagegen schon 6o Minuten veranschlagt werden. In der Praxis wird man sich jedoch mit diesen Einwirkzeiten nicht zufriedengeben dürfen; es wird immer ein sogenannter Sicherheitszuschlag, der üblicherweise das Doppelte der oben angegebenen Einwirkzeiten beträgt, hinzugerechnet. Auf diese Weise beträgt die Mindesteinwirkzeit für Keime in Bouillon bei 13o°C schon 9o Minuten. Schnellere Desinfektion kann natürlich bei 14o°C erreicht werden: 3o Minuten + 3o Minuten Sicherheitszuschlag = 6o Minuten würden also zur sicheren Desinfektion bei einer 1o°C höheren Temperatur genügen, um sogar in Blut inkrustrierte Keime der höchsten Resistenz abzutöten. Es kommt also ganz auf die Voraussetzungen an: Will man in kurzer Zeit Keimfreiheit erzielen, so wird man zweckmäßigerweise 14o°C für die Desinfektion veranschlagen, kommt es dagegen mehr auf die Schonung der Objekte an, nicht so sehr auf den Zeitgewinn, kann man auf die Temperatur von 13o°C zurückgehen.

5. Ergebnisse anderer Autoren

Es mag interessant sein, zum Abschluß herauszufinden, inwieweit die ermittelten Ergebnisse mit den Resultaten anderer Autoren übereinstimmen. Dazu sei nochmals verwiesen auf die Feststellungen KONRICHs, der 1938 schon die vollkommen unterschiedlichen Versuchsanordnungen hinsichtlich der Art der verwendeten Bakterien, Kulturalter, Nährböden, Trocknungsgrad, Milieu der Keime, Keimdichte, Keimträger und Leistung der verschiedenartigen Heißluftapparate beschrieb. Angesichts der Tatsache, daß die genannten Faktoren einen ganz entscheidenden Einfluß auf die Resultate ausüben, wäre es vermessen, eine Übereinstimmung der

Ergebnisse zu erwarten. Nachfolgende Tabelle soll daher mehr informatorischen Charakter haben; eine Übersicht über Desinfektionserfolge und -mißerfolge anderer Autoren soll gegeben werden. Die Ergebnisse wurden in chronologischer Reihenfolge aufgelistet, wobei zu beachten ist, daß die Versuche vor 1916 mit unbewegter Heißluft durchgeführt worden sind, mit Ausnahme von SCHUMBURGs Versuchen 1902. Wo in etwa vergleichbare Bedingungen vorlagen (gleicher Bakterienstamm, gleiche Temperatur, Anwendung bewegter Heißluft) habe ich meine Resultate der ersten Versuchsreihe mit den in der Bouillon angetrockneten Keimen in Klammern dahinter vermerkt, und zwar die reinen Abtötungszeiten ohne Sicherheitszuschlag.

Jahr und Autor	Desinfektion wurde erzielt bei: (Keim, °C)	Desinfektion wurde nicht erzielt bei: (Keim, °C)
	unbewegte Luft	
1881 KOCH, WOLFHÜGEL	>100°C, 90 Minuten	angetrockneten Bakterien 140°C, 3-4 Stunden
1893 TERRILON	>130°C, mehrere Stunden	
1902 SCHUMBURG (bewegte Luft)	feuchten Keimen: 110°C, 90 Minuten allen Bakterien: 100°C, 60 Minuten bei 55-65% relativer Luftfeuchtigkeit	angetrockneten Keimen: 120°C, 60 Minuten
1905 MOSEBACH	Staphylokokken: 75-80°C, 16-24 Stunden 15% rel. Luftfeuchtigkeit	
1907 FINDEL	Staphylokokken, Coli: 78-80°C, 48Std., 30% rel. Luftfeuchtigkeit	
1912 KONRICH	allen Bakterien: 80°C, 48 Stunden	

Jahr u. Autor	Desinfektion wurde erzielt bei: (Keim,°C)	Desinfektion wurde nicht erzielt bei: (Keim,°C)
1916 LANGE	Coli: 1oo°C, 2Std. Coli: 11o°C, 3o Min. Coli: 12o°C, 3o Min. Coli: 14o°C, 1o Min. Staph.:11o°C,1-2 Std. Staph.:12o°C, 3o Min. Staph.:14o°C, 15 Min. Staph.:15o°C, 1o Min.	
	bewegte Heißluft	
1916 RAUTMANN	allen Seuchenerregern bei 14o°C,(keine Zeitangabe)	
1916 BAERTHLEIN	9o-1oo°C sind mindestens zur Desinfektion nötig!	Staph.:9o°C, 9o Min. Staph.:95°C, 12o Min. Staph.:1oo°C, 12o Min. (9o Min.)
1916 SEELIGMANN und SOKOLOWSKY		Staph.:1oo-12o°C,3o Min. (12o°C, 45 Min.) Staph.:15o-16o°C, 3o Minuten
1916 SCHÜRMANN	Staph.: durchschnittl. 1oo-14o°C in höchstens 75 Minuten (12o°C, 6o Min.)	
1938 KONRICH	Staph.: 1oo°C, 9o Min. Staph.: 11o°C, 45 Min. Staph.: 12o°C, 3o Min. (6o Min.)	Staph.:1oo°C, 6o Min. (9o Min.) Staph.:11o°C, 3o Min. (9o Min.) Staph.:12o°C, 15 Min. (45 Min.)
1942 CLAUBERG und PFLAUM	allen Bakterien: 11o - 12o°C, 2 Stunden	Bakterien in Streptokokkeneiter: 11o°C, 2 Stunden
1951 KRUSE	allen Bakterien:1oo-11o°C, 1-2 Stunden	

Jahr u. Autor	Desinfektion wurde erzielt bei: (Keim,°C)	Desinfektion wurde nicht erzielt bei: (Keim,°C)
1951 ROEMER	Staph. ohne Eiweißzusatz:12o°C, 25 Min. (6o Minuten) Staph. in Blut oder Serum getrocknet: 12o°C, 75 Min. (75 Minuten) Enterokokken ohne Eiweißzusatz: 12o°C, 2o Min. Enterokokken in Blut oder Serum getrocknet: 12o°C, 9o Minuten Bei allen in Blut bzw. Serum inkrustrierten Bakterien:Verlängerung der Abtötungszeit um durchschnittlich das 3fache der Maximalresistenz ohne Eiweißzusatz!	Staph. ohne Eiweißzusatz: 12o°C, 2o Min. (45 Minuten) Staph. in Blut oder Serum angetrocknet: 12o°C, 7o Min. (6o Minuten) Enterokokken ohne Eiweißzusatz: 12o°C, 15 Min. (9o Minuten) Enterokokken in Blut oder Serum getrocknet: 12o°C, 85 Min. (9o Minuten)
1954 SCHOPNER	Staph.:1oo°C, 45 Min. Staph.:11o°C, 3o Min. Staph.:12o°C, 15 Min. (6o Minuten) Staph.:13o°C, 15 Min. (2o Minuten) Staph.:14o°C, 5 Min. Coli: 1oo°C, 45 Min. Coli: 11o°C, 3o Min. (9o Minuten) Coli: 12o°C, 15 Min. (3o Minuten) Coli: 13o°C, 5 Min. (7,5 Minuten)	Staph.: 9o°C, 6o Min. Staph.:1oo°C, 3o Min. (9o Minuten) Staph.:11o°C, 15 Min. (9o Minuten) Staph.:12o°C, 5 Min. (45 Minuten) Staph.:13o°C, 5 Min. (15 Minuten) Coli: 9o°C, 6o Min. Coli: 1oo°C, 3o Min. (9o Minuten) Coli: 11o°C, 15 Min. (75 Minuten) Coli: 12o°C, 5 Min. (2o Minuten)

Jahr und Autor	Desinfektion wurde erzielt bei: (Keim, °C)
1964 GRÜN	Staph.: 12o°C, 25 Min. (6o Minuten)
1967 SCHMIDT	Desinfektionsapparate arbeiten mit trockener Hitze von 14o°C und höher
1967 WALLHÄUSSER und SCHMIDT	Staph.: 12o°C, 3o Min. (6o Minuten)
	Staph.: 13o°C, 2o Min. (2o Minuten)
	Staph.: 14o°C, 15 Min.
	Staph.: 15o°C, 1o Min.
	Staph.: 16o°C, 8 Min.
	Staph.: 17o°C, 5 Min.
	Coli: 12o°C, 3o Min. (3o Minuten)
	Coli: 13o°C, 2o Min. (7,5 Minuten)
	Coli: 14o°C, 1o-15 Min.
	Coli: 15o°C, 1o Min.
	Coli: 16o°C, 8 Min.
	Coli: 17o°C, 5 Min.
1968 SCHMIDT NAUMANN und HORSCH	allen Bakterien: 9o-11o°C, 9o-12o Min.
1973 HUDEMANN und WEUFFEN	allen Bakterien: 12o°C, 15o Min.
1973 HORN, PRIVORA und WEUFFEN (nach WASCHKOW 1969)	Coli: 11o°C, 3o Min. (9o Minuten)
	Coli: 12o°C, 2o Min. (3o Minuten)
	Coli: 13o°C, 1o Min. (7,5 Minuten)
	Coli: 14o°C, 1o Min.
	Staph.: 11o°C, 6o Min.
	Staph.: 12o°C, 3o Min. (6o Minuten)
	Staph.: 14o°C, 15 Min.
	Staph.: 15o°C, 1o Min.
1974 HORN, PRIVORA und WEUFFEN	Zahnärztlichen Gipsabdrücken bei 12o°C in 3o Minuten

Generell ist feststellbar, daß die meisten Autoren mit kürzeren Einwirkzeiten zum Ziel kamen. Gute Übereinstimmung liegt allerdings bei ROEMER vor, der Staphylococcus aureus haemolyticus ebenfalls in 75 Minuten abtötete, wenn

der Keim in Blut inkrustriert war. Auch in seinen Versuchen ergab sich eine Verlängerung der Abtötungszeit der in Blut inkrustrierten Bakterien um das ca. 3fache der Maximalresistenz ohne Eiweißzusatz. Ferner fanden SCHÜRMANN und teilweise WALLHÄUSSER und SCHMIDT ähnliche Untersuchungsergebnisse. SCHMIDT gibt zur Desinfektion sogar Apparate an, die mit 140°C und mehr arbeiten.
Ob durch eine Einwirkzeit von 2 und mehr Stunden bei niedrigen Temperaturen tatsächlich eine Desinfektion erzielt werden kann, wie es verschiedene Autoren angeben, vermag ich mangels Untersuchungen (maximale Einwirkzeit in meinen Versuchen: 90 Minuten) nicht zu beurteilen. Daß aber schon nach 90-120 Minuten Einwirkzeit bei Temperaturen von nur 90-110°C eine einwandfreie Desinfektion erzielt werden soll (siehe Angabe von SCHMIDT, NAUMANN und HORSCH), bezweifle ich im Hinblick auf die hohe Thermoresistenz der Enterokokken.Eine Desinfektion von Gipsabdrücken in 30 Minuten bei nur 120°C erscheint mir ebenfalls illusorisch, da gerade in der Mundhöhle und im Nasenrachenraum Enterokokken nicht selten anzutreffen sind (GLAWOGGER, KRÜGER). Solche fehlerhaften Angaben liegen sicherlich in der Tatsache begründet, daß als Testkeime - wenn überhaupt - höchstens die Staphylokokken Berücksichtigung fanden, wie von KONRICH empfohlen, nicht aber die Enterokokken.

6. Diskussion

Durch die Versuche soll ein Beitrag zum Wert und zur Bedeutung der Heißluftdesinfektion geliefert werden. Dazu wurden in Versuchen mit dem "Dr. GRUSS" - Sterilisator genaue Absterbezeiten bei bestimmten Temperaturen ermittelt, und zwar unter exakt beschriebenen Versuchsbedingungen: Die Resistenz der Testbakterien war sehr hoch aufgrund

1. der ausgewählten Arten.Es konnte gezeigt werden, daß der Enterokokkenstamm den bisher als höchstre-

sistent angenommenen Keim Staphylococcus aureus haemolyticus hinsichtlich seiner Hitzeresistenz übertraf.

2. des Alters der Kulturen. Es wurden ständig frische Keime verwendet in den Versuchen.
3. der optimalen Nährböden, die den Bakterien angeboten wurden.
4. des hohen Trocknungsgrades der Bakterien, d.h. sie konnten länger überleben als wenn sie feucht gewesen wären.

Die Wirkungsbedingungen für die Versuche waren folgendermaßen gewählt: Der Reaktionsort (= Keimträger oder Medium) war für die desinfizierende heiße Luft relativ gut zu erreichen, da die Aluminium-Plättchen eine ganz glatte Oberfläche aufweisen. Die Keimzahl variierte von 10^9 /ml in der Bouillonaufschwemmung bis 50 x 10^9/ml im Blut, ferner waren die zwei genannten verschiedenen Milieus getestet worden. Um eine objektive Beurteilung des Wertes der Heißluftdesinfektion erbringen zu können, wurden also strenge Maßstäbe angelegt. Die Versuchsbedingungen waren praxisbezogen insofern, als die zur Erzielung einer Desinfektion negativsten Voraussetzungen zugrundegelegt wurden. Eine Ausnahme ist der Keimträger, der möglicherweise in praxi noch ungünstiger ausfällt: oft sind die Keime ja wesentlich versteckter und unzugänglicher für die Heißluft in Decken und Matratzen verstreut. Die ermittelten Werte über Temperaturhöhe und Einwirkzeit müßten somit eine einwandfreie Desinfektion garantieren.

Es erhebt sich nun die Frage, ob der Desinfektionserfolg bei der Heißluftanwendung zweckmäßigerweise an den für die in Blut inkrustrierten Enterokokken ermittelten Werten gemessen werden sollte oder an den Abtötungszeiten für die in der Bouillon angetrockneten Bakterien. Das Problem stellt sich ja übrigens auch für die Sterilisationsprüfung, die 1951 -nach ROEMER- an Bakterien in reiner Form, also ohne Schutzhülle, durchgeführt wurde. OTT schildert 1957 sehr treffend die unterschiedlichen Ansichten der Bakteriologen: KONRICH und ZEISSLER legen harte Maßstäbe für die Prüfung

der Sterilisationsverfahren an, indem sie verlangen, daß in eiweißhaltigen Schichten oder Erde eingeschlossene Sporen abgetötet werden müssen. GRUMBACH und SOBERNHEIM empfinden diese Anforderungen als zu hart und nicht der Realität entsprechend. SOBERNHEIM empfiehlt jedoch 1932, für die chemische Desinfektionsmittelprüfung angetrocknete Bakterien in Blut und Eiter, Schleim und Sputum zu verwenden, da diese Versuchsbedingungen adäquater seien. Auch CLAUBERG fordert dringend für die Leistungskontrolle von Desinfektions-und Sterilisationsapparaten, daß "dabei nicht mehr die leider immer noch üblichen (1951) Bakterienteste verwendet werden, die mittels Keimaufschwemmung in physiologischer Kochsalzlösung oder dergleichen hergestellt sind." Mikroorganismen sollten vielmehr in den Medien getestet werden, in denen sie auch natürlicherweise vorkommen, z.B. Staphylokokken im Eiter. Nach Angaben BORNEFFs werden heutzutage für die Funktionsprüfung von Heißluftsterilisatoren Erdsporenpäckchen benutzt, d.h. Sporen müssen in ihrem natürlichen Milieu vernichtet werden. Über die Prüfung von physikalischen Desinfektionsverfahren ist nichts erwähnt. Im Hinblick auf die Prüfungsbedingungen für die Heißluftsterilisation, besonders aber angesichts der Tatsache, daß sich der Wirkungsbereich der Heißluftdesinfektion ja gerade auf die Entkeimung von Wolldecken, Matratzen und infizierter Kleidung, in denen Blutflecke gut vorstellbar sind, erstreckt, müßte man m.E. auch an die Heißluftdesinfektion die strengeren Anforderungen der Vernichtung der Enterokokken, inkrustriert in Blut, stellen. Kalkuliert man also den erschwerenden Faktor des Milieus der Keime ein, muß man zur Erzielung einer Desinfektion durch Heißluft mindestens eine Temperatur von 13o°C während mindestens 6o Minuten (ohne Sicherheitszuschlag) einwirken lassen. Bei 14o°C ist "nur" die Einwirkzeit von 3o Minuten (ebenfalls ohne Sicherheitszuschlag) erforderlich. Bei 12o°C wäre sicherlich auch noch Entkeimung möglich, nur ergäben sich dann extrem lange Einwirkzeiten, die in der Praxis gar nicht tragbar wären. Man muß sich schließlich an den praktischen Bedürfnissen einer

Klinik orientieren, der man derartig lange Betriebszeiten der Desinfektionsapparate nicht zumuten kann. Das Langzeit-Niedrigtemperaturen-Verfahren (8o°C während 48 Stunden) kann nur auf Gelegenheitsfälle beschränkt sein (KONRICH). Für die allgemeine Desinfektionspraxis kann die Anwendung dieser niedrigen Temperatur von 12o°C, schon gar nicht 11o°bzw. 1oo°C, wie sie immer wieder in der Literatur empfohlen wird, also überhaupt nicht in Frage kommen. In praktikablen Zeiten muß eine Heißluftdesinfektion folglich unbedingt bei Temperaturen von 13o°C aufwärts durchgeführt werden. RAUTMANN hatte also 1916 recht, als er Temperaturen von 13o-16o°C anwendete. Hier aber erhebt sich die Frage, inwieweit das Desinfektionsgut solche hohen Temperaturen aushält. Grundsätzlich lag der Anwendungsbereich der Heißluftdesinfektion ja in der Entkeimung von höchst empfindlichen Gegenständen - Bücher, Ledersachen, Pelze, wertvolle Kleider, Uniformen, Samt, Plüsch, Wolldecken und Matratzen -, die die in kürzeren Zeiten durchführbare Dampfdesinfektion nicht vertragen, sei es, weil geklebte Gegenstände sonst auseinanderfallen, Decken und Matratzen hart werden, Leder bricht, Papier gebräunt wird oder weil die Dinge einfach beschädigt und unbrauchbar werden. Wie verträgt sich nun die Forderung, diese empfindlichen Gegenstände schonend zu desinfizieren, mit der Notwendigkeit der Anwendung einer Mindesttemperatur von 13o°C? Als einziger Autor konnte RAUTMANN 1916 bei seinen Versuchstemperaturen (13o-16o°C) keine Schädigung feststellen. BAERTHLEIN dagegen befürchtet " Schädigungen von Stoffen, Pelz-und Ledersachen nicht oder wenigstens nicht in erheblichem Maße "bei 1oo°C. Daraus kann man schließen, daß eine geringe Schädigung selbst bei dieser niedrigen Temperatur doch schon eintritt. Auch LANGE widerspricht RAUTMANN und bezeichnet 11o°C als das "äußerste, noch allenfalls zulässige Maximum". Dem schließt sich gewissermaßen KONRICH an, wenn er 11o°C für das Temperaturoptimum hält, bei dem die Gegenstände "nicht unbrauchbar" werden. 1974 erklären HORN, PRIVORA und WEUFFEN nochmals, daß empfindliche Matratzen und

Decken durch die hohen Temperaturen der Heißluftdesinfektion -keine genaue Angabe über die Temperaturhöhe- geschädigt würden. Im Prinzip kann man also SCHMITT beipflichten, der schon 192o aus den Ergebnissen der Jahre 1914 bis 1919 das Facit zieht: "Soll die heiße Luft allein abtötend wirken, also durch Oxydation oder Austrocknung, so sind sehr hohe Hitzegrade (14o°C) oder lange Zeiten (3 Stunden) erforderlich, wodurch wieder eine Beschädigung des Desinfektionsgutes eintritt."
Durch die vorliegenden Ergebnisse wird also die Zweckmäßigkeit der Heißluftdesinfektion, selbst nur zur Entkeimung von empfindlichen Gegenständen (diese eingeschränkte Bedeutung hat sie von jeher sowieso nur gehabt!),stark in Frage gestellt. Es erscheint nicht sinnvoll, das Heißluftdesinfektionsverfahren zur Entkeimung von Wolldecken z.B. heranzuziehen, wenn man Gefahr läuft, eine Faserschädigung in Kauf nehmen zu müssen. Außerdem bestehen die heutzutage in Krankenhäusern gebräuchlichen Decken nahezu ausnahmslos zu einem bestimmten Prozentsatz aus Kunstfaser, aufgrund deren Thermolabilität eine Heißluftdesinfektion ohnehin nicht in Frage kommen kann. Vor allem aber angesichts neu entwickelter chemischer Verfahren zur Desinfektion von Decken - GRÜN gibt 1964 als Alternative die "chemische Reinigung mit Desinfektion, z.B. in BÖWE-Maschinen im Estex- oder Perisal-Verfahren" an - scheint die Heißluftdesinfektion ihren ursprünglichen Platz in der Reihe der Desinfektionsverfahren, ihren Sinn überhaupt, verloren zu haben.
Das Ergebnis der hohen Thermoresistenz der Enterokokken kann vielleicht ein Anstoß sein, die gegenwärtigen Richtlinien für die Desinfektionsmittelprüfung neu zu überprüfen. Nach KONRICH und STUTZ war 1963 für Prüfungen chemischer Desinfektionsmittel die Verwendung des Staphylococcus aureus haemolyticus SG 511 vorgeschrieben. BORNEFF gibt 1974 für die Testung von Desinfektionsmitteln an, daß die Bestimmung der bakteriostatischen Wirksamkeit im Verdünnungstest "für verschiedene Bakterienarten" erfolgen müsse. Eine ausdrückliche Anweisung, welche Bakterienarten in die Untersuchungen einbezogen werden sollen, geben die

Richtlinien nicht. Die Untersuchungen von JÁNOSSY, denen zufolge sowohl eine hohe Thermoresistenz der Enterokokken als auch eine spezielle Resistenz gegenüber Desinfektionsmitteln bestehen soll, und auch die Feststellung GLAWOGGERs, daß die Enterokokken in Hospitälern eine außerordentliche Verbreitung zeigen, geben neben meinen Versuchsergebnissen Anlaß zu der Vermutung, daß die Enterokokken generell resistenter sind als die Staphylokokken. Bei einer chemischen Desinfektionsmittelprüfung sollte dieser Bakterienstamm m.E. daher auf jeden Fall in die Tests miteinbezogen werden. SPICHERs Untersuchungen von 1973 zufolge besitzt der Poliomyelitisvirus eine höhere Resistenz gegenüber Formaldehydeinwirkung als der Staphylococcus aureus. Der Autor leitet daraus die Forderung ab, daß "in der Desinfektionsmittelprüfung (...) somit auch Keime verwendet werden müssen, die resistenter als Staphylokokken sind." Der Staphylococcus aureus repräsentiert also sicherlich nicht mehr die "Höchstresistenz" in der Resistenzstufe I der Mikroorganismen; diese sollte vielmehr durch gezielte Untersuchungen neu ermittelt werden, um nicht der Entstehung eines neuen Hospitalismus Vorschub zu leisten. GRÜN beschreibt 1974 die Veränderungen, die sich im Hospitalismusgeschehen unserer Krankenhäuser abspielen: Anstelle des Staphylococcus aureus-Hospitalismus treten zunehmend Pseudomonaden als Problemkeime in den Vordergrund, aber auch Aerobacter/Klebsiellen, Proteus-Keime und Hepatitis-Viren spielen eine Rolle. Sicherlich wäre es wichtig, sich unter diesem Gesichtspunkt etwas näher mit der Gruppe der Enterokokken zu befassen und festzustellen, ob die verschiedenen Enterokokkenstämme (man unterscheidet prinzipiell sechs verschiedene Typen) sich hinsichtlich ihrer Thermo- bzw. Chemoresistenz ebenso verhalten wie jener untersuchte Stamm, oder ob es sich lediglich um einen besonders resistenten Stamm, vielleicht den resistentesten überhaupt, handelte. Nur so kann die moderne Desinfektion ihr vornehmstes Ziel - das Aufkommen einer Infektionsgefahr, möglicherweise die Entwicklung eines neuen Hospitalismuskeimes, zu unterdrücken - verwirklichen.

E Zusammenfassung

Mit einem Sterilisator nach dem System Dr. GRUSS wurden Untersuchungen über den Desinfektionswert bewegter trockener Heißluft durchgeführt. Für sechs Keime der Resistenzstufe I (Enterokokken, Staphylokokken, Klebsiellen, Enterobacter cloacae, Coli und Pseudomonas pyocyanea) wurde die zur Abtötung notwendige Einwirkzeit der heißen Luft bei verschiedenen Temperaturen bestimmt. Als Milieu, in dem sich die Bakterien angetrocknet befanden, diente sowohl Bouillon als auch Hammelblut.
Die Bakterien zeigen im allgemeinen eine deutliche Resistenzsteigerung gegenüber der Heißluft, wenn sie im Blut angetrocknet der Hitzeeinwirkung ausgesetzt werden. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet lediglich Pseudomonas.
Es ergibt sich eine unterschiedliche Thermoresistenz der 6 Keime in der Reihenfolge: Enterokokken-Staphylokokken-Klebsiella-Coli und Enterobacter etwa gleich resistent-Pyocyaneus.
Für die Enterokokken, deren Abtötung als Kriterium für die Hitzedesinfektion gelten muß, ist bei 13o°C und einer Keimzahl von $1o^9$/ml eine Einwirkzeit der Hitze von mindestens 45 Minuten erforderlich. Befinden sich die Keime im Blut angetrocknet (Keimzahl: 5o x $1o^9$/ml), erfolgt eine Verlängerung der Einwirkzeit auf 6o Minuten. Bei 14o°C kann in 3o Minuten Keimfreiheit erzielt werden bei in Blut inkrustrierten Enterokokken. Bei 12o°C gelingt eine Abtötung in praktikablen Zeiten nicht.
Daher ist erwiesen, daß aufgrund dieser hohen zur Desinfektion notwendigen Temperaturen die Heißluftdesinfektion ihre ursprüngliche Bedeutung für eine sachschonende Desinfektion verloren hat.

F Literaturverzeichnis

1) BÄRTHLEIN, K.: Der Vondran'sche Heißluftapparat und seine Wirkungsweise gegenüber Läusen, Nissen und bakteriellen Keimen. Zbl. Bakt. I Orig. 78 (1916) 527-557

2) BALLNER: Über die Desinfektion von Büchern, Drucksachen und dgl. mittels feuchter Heißluft. Leipzig, Wien 19o7

3) BORNEFF, J.: Hygiene. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1974

4) BREINL, F. und HOFMANN, R.: Über die Sterilisationsleistung bewegter Heißluft. Arch. f. Hyg. 113 (1935) 3o5-312

5) CLAUBERG, K.W. und PFLAUM, W.: Entwicklung eines neuen Entlausungsverfahrens, System TCP. Zusätzlich grundsätzliche Stellungnahme zur Heißluftdesinfektion. Zschr. Hyg. 124 (1942) 115-124
CLAUBERG, K.W.: in: Zbl. Bakt. I Abt. Orig. 157 (1951) S.156

6) FINDEL: Desinfektion von Büchern usw. mit heißer Luft. Zschr. f. Hyg. 57 (19o7) 83-1o3

7) GLAWOGGER, F.: Zum Problem des Hospitalismus. Zbl. Bakt. 1. Abt. Orig. B 153 (1969) 413-42o

8) GRASSBERGER, R.: Die Desinfektion in Theorie und Praxis. Verlag von S. Hirzel in Leipzig, 1913

9) GRÜN, L. und YÜ, I.: Die Thermoresistenz pyogener Staphylokokken. Z. Hyg. 15o (1964) 13-17

1o) GRÜN, L.: Staphylokokken in Klinik und Praxis. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1964

11) GRÜN, L.: Desinfektion und Sterilisation in der Praxis. Dtsch. med. Wschr. 9o (1965) 556-7o

12) GRÜN, L.: Desinfektion, Sterilisation und Desinsektion. in: Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie, Reploh-Otte, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1968, S. 141-157

13) GRÜN, L.: Pseudomonaden - Hospitalismus. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B 159 (1974) 377-387

14) HORN, PRIVORA und WEUFFEN,W.: Handbuch der Desinfektion und Sterilisation. VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin Bd. I, II und III, 1972, 1973 und 1974

15) HUDEMANN, H. und WEUFFEN, W.: Leitfaden der Desinfektionspraxis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1973

16) JÁNOSSY, G.: Enterokokken an Kochgeschirren, Kochgeräten und Arbeitsflächen als Indikatoren der Küchenhygiene. Zbl. f. Bakt., 1.Abt. Orig. B 155 (1971-72) 526-529

17) KANZ, E.: Aseptik in der Chirurgie: Desinfektion und Sterilisation. Verlag Urban und Schwarzenberg München 1971

18) KLUCZKA, J. und LAMMERS, Th.: Hygiene, Desinfektion und Sterilisation in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztliche Welt/ Reform 57 (1956) 261-266

19) KOCH, R., WOLFHÜGEL, GAFFKY und LÖFFLER: Untersuchungen über die Desinfektion mit heißer Luft. Mitteilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt Bd. 1 (1881) 3o1

2o) KONRICH, F.: Zur Desinfektion von Lederwaren und Büchern mit heißer Luft. Zschr. f. Hyg. 71 (1912) 296-3o6

21) KONRICH, F.: Die bakterielle Keimtötung durch Wärme. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1938

22) KONRICH, F. und STUTZ, L.: Die bakterielle Keimtötung durch Wärme. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1963

23) KRÜGER, E.: Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. I, Quintessenz Berlin 1976

24) KRUSE, H.: Desinfektion und Schädlingsbekämpfung. "Musterschmidt", Wissenschaftlicher Verlag, Göttingen 1951

25) LANGE, H.: Über Desinfektion mit trockener Heißluft. Zschr. f. Hyg. 82 (1916) 327-35o

26) MOSEBACH, O.: Untersuchungen zur Praxis der Desinfektion. Zschr. f. Hyg. 5o (19o5) 485-5o1

27) OTT, A.: Die Desinfektion und Sterilisation des zahnärztlichen Instrumentariums. Dtsch. ZÄ. Z.12 (1957) Heft 3 148-154

28) OTTE, H.-J.: Kokken. in: Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie, Reploh-Otte, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1968, S. 241-272

29) RAUTMANN, H.: Untersuchungen über den Desinfektionswert stark bewegter trockener Heißluft. Zbl. Bakt. I Orig. 77 (1916) 5o-62

3o) REBER, H.: Desinfektion: Vorschlag für eine Definition. Zbl. f. Bakt. Paras. I, Reihe B, Hyg. Praev. Med. 157 (1973) 433

31) REPLOH, H. und OTTE, H.-J.: Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1968

32) ROEMER, G. B.: Über die Hitzeresistenz von Mikroorganismen. Zbl. Bakt. I Abt. Orig. 157 (1951) 153-155

33) SCHMIDT, B.: Notwendigkeit, Methodik und Bewertung der Überprüfung von Desinfektionsapparaten und Sterilisatoren. Ges. Wesen Desinf. 59 (1967) 57-63

34) SCHMIDT, NAUMANN und HORSCH: Sterilisation, Desinfektion und Entwesung. Thieme Leipzig 1968

35) SCHMITT, H.: Kritische Zusammenfassung der Arbeiten über Hitzedesinfektion aus den Jahren 1914 mit 1919. in: Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie, Immunitätsforschung und experimentellen Therapie , Weichardt, Verlag von Julius Springer Berlin 192o

36) SCHOPNER, R.: Über Versuche zur Desinfektion von tierischer Wolle. Diss. 9.2. 1954

37) SCHÜRMANN: Ein kombinierter Apparat zur Sterilisierung von Glassachen usw. Deutsche med. Wochenschr. 1917, 8o9

38) SCHUMBURG, W.: Über die Desinfektionskraft der heißen Luft. Z. Hyg. Infekt.-Kr. 41 (19o2) 167-182

39) SEELIGMANN und SOKOLOWSKY: Untersuchungen an einem Entlausungsofen. Münch. med. Wochenschr. 1915, 962

4o) SOBERNHEIM, G.: Altes und Neues über Desinfektion und Sterilisation. Schweiz. med. Wschr. 13 (1932) 7o1-7o6

41) SPICHER, G.: Grundlagen der Desinfektion und der Desinfektionsmittelprüfung. Ein Beitrag zu speziellen Problemen. Zbl. Bakt. Paras. I, Reihe B, Hyg. Praev. Med. 157 (1973) 392-4o5

42) STUTZ, L.: Leitfaden der praktischen Desinfektion und Sterilisation. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1968

43) WALLHÄUSSER und SCHMIDT: Sterilisation Desinfektion Konservierung Chemotherapie . Georg Thieme Verlag Stuttgart 1967

44) WIESMANN, E.: Medizinische Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1974

45) WUNDT, W.: Enterobacteriaceae. in: Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie, Reploh-Otte, Gustav Fischer Verlag 1968, S. 273-3o6

46) XYLANDER: Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. 29, S. 288

Bei Herrn Prof. Dr. Ludwig Grün möchte ich mich für die Themenstellung und seine überaus freundliche Förderung meiner Arbeit bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank Frl. Ursula Heyn für die hilfreiche Unterstützung bei den Laborarbeiten.

LEBENSLAUF

geboren am 6.1.1955 in Detmold als zweite Tochter des jetzigen Regierungsdirektors a.D. Franz Schäfers und Ehefrau Magdalena geb. Niezgodka.
April 1961 Einschulung in Detmold.
1962 Umzug nach Düsseldorf wegen Versetzung des Vaters
1965-1973 Neusprachliches Gymnasium St.-Ursula-Schule in Düsseldorf
Mai 1973 Reifeprüfung
Wintersemester 1973/74 Beginn des Studiums der Zahnmedizin an der Universität Düsseldorf